
1
H


8
O


92
U


6
C


9
F


7
N


103
Lw

CĂLĂTORIE
ÎN LUMEA ELEMENTELOR

Autori:

L. BOBROV, E. DRAGUNOV, K. KAPUSTINSKAIA.
V. KARELIN, G. LOȘCILOV, A. MAKARENIA, I. MEDVEDEV,
I. ROMANKOV, A. SENCENKOV, T. SENCENKOVA,
D. TRIFONOV, V. VASILEVSKI, L. VLASOV

Culegere alcătuită de

L. VLASOV și D. TRIFONOV

În romînește de

N. BĂRBULESCU și N. WEINSTEIN

Coperta și desenele de

D. IONESCU

ПУТЕШЕСТВИЕ
В СТРАНУ ЭЛЕМЕНТОВ
Изд. „Молодая гвардия"
Москва, 1963
Text prescurtat

Această carte nu este un manual și, cu atît mai mult, nu este o enciclopedie. Pentru a prezenta elementele sistemului periodic, chiar dacă ne-am opri numai asupra celor mai de seamă particularități ale lor ar fi necesare volume întregi. De aceea „ruta" călătoriei noastre în lumea elementelor trece numai prin domeniile esențiale, cele mai demne de remarcat. Cititorul face cunoștință cu acele elemente chimice care constituie fondul principal al chimiei anorganice și care au utilizări largi în diversele domenii ale activității omenești.

UNELE PROBLEME ACTUALE ALE CHIMIEI ANORGANICE

Lista „pieselor componente" care intră în construcția naturii însuflețite și neînsuflețite cuprinde pînă acum 104 elemente chimice.

Noi, locuitorii acestei planete, am avut noroc: Pămîntul nu a fost nedreptățit. În acea parte a universului care este accesibilă observațiilor astronomice, nu s-a constatat prezența nici unui element de care să nu putem dispune și noi.

Globul pămîntesc este un fel de laborator chimic uriaș, care e în funcțiune de foarte mult timp. În el au apărut, în diferite etape, condiții pentru desfășurarea celor mai variate reacții. A fost nevoie de presiuni înalte? — Iată, în interiorul Pămîntului materia este comprimată la sute de mii și chiar la milioane de atmosfere. — Sau, poate, de temperaturi înalte? — Pămîntul clocotea ca o sferă de magmă incandescentă. — Sau de timp? — Timp — la discreție: zile, milenii, sute de milioane de ani. Natura nu e zgîrcită

Tocmai datorită unor transformări chimice extrem de complexe și neîncetate s-a format (și continuă și azi să evolueze) planeta noastră.

Oamenii s-au deprins să facă și să utilizeze focul, să transforme blănurile animalelor sălbatice în piele, să obțină fier din minereuri. La început omul bîjbîia prin întuneric, dar uneori eforturile lui erau încununate de mari succese. Ceea ce se întîmpla era pentru om un lucru inexplicabil, un mister; de aceea arta de a înfăptui anumite transformări chimice a fost multă vreme considerată sacră, intrînd în atribuțiile preoților păgîni.

Din Orient, realizările chimiei aplicate s-au transmis la începutul erei noastre în Grecia, a cărei moștenire a preluat-o Roma. Iar cînd Imperiul roman sclavagist, șubrezit, s-a prăbușit, tot ce era mai bun în domeniul științei și al meșteșugurilor a fost preluat de arabi. În activitatea chi-

miştilor arabi principiul aplicativ s-a împletit într-un mod original cu cel mistic. Este cu adevărat uimitoare rîvna fanatică cu care au muncit ei pentru a descoperi reţeta obţinerii aurului din alte metale sau elixirul miraculos menit să izbăvească pe om de toate bolile şi chiar de moarte. Combinînd diferitele substanţe, alchimiştii au sintetizat, „printre altele", multe substanţe valoroase.

În decursul secolelor XII—XV, eforturile alchimiştilor arabi sînt continuate de alchimiştii europeni. În laboratoarele lor tainice, pline de fum şi de emanaţii ciudate, aceştia făceau tot felul de farmece, ardeau diferite substanţe, întocmeau şi încercau cele mai năstruşnice reţete ale „pietrei filozofale", îi duceau de nas pe prinţi şi pe regi, profitînd de ignoranţa acestora, şi uneori, acuzaţi de înşelătorie, îşi sfîrşeau zilele spînzuraţi.

Toate acestea nu aveau nimic comun cu ştiinţa. Alchimia era mai degrabă o chimie aplicată, pusă pe temelii neştiinţifice absurde, şi, în plus iscusit cifrată, o căutare oarbă pe un drum care nu ducea nicăieri.

Oamenii ajunseseră să cunoască o mulţime de compuşi chimici. Ei învăţaseră să fabrice sticla, utilizau praful de puşcă, băteau monedă, turnau zei din bronz, făureau săbii minunate şi obţineau coloranţi care şi-au păstrat prospeţimea în ciuda timpului care distruge totul.

În momentul în care s-a născut ştiinţa chimiei, chimia aplicată nu mai era tînără; ea acumulase experienţă, pe umerii ei atîrna şiragul lung al veacurilor. Apariţia noii ştiinţe a avut loc nu de mult: abia acum vreo două secole şi jumătate.

În secolul al XVII-lea, cu studiul naturii se îndeletniceau deja botanica, zoologia, mineralogia. La început cercetătorii s-au limitat numai la „inventarierea" lumii înconjurătoare. Ei întocmeau liste ale bogăţiilor ei. Pasul următor l-au constituit încercările de a pune ordine în numeroasele observaţii, de a generaliza, de a trece de la individ la specie.

Un drum similar avea să parcurgă şi chimia. Dar miriapodul, antilopa, păpădia, feldspatul ne sînt prezentate de natură „în stare nativă", în timp ce indivizii chimici sînt camuflaţi, de regulă, sub înfăţişările cele mai complexe.

A trebuit să învăţăm să-i extragem. Mihail Lomonosov, unul din întemeietorii chimiei ca ştiinţă, spunea: „Materiile naturale necesare... în lucrările chimice trebuie mai întîi

cu stăruință purificate, pentru ca să nu conțină nici o impuritate, care în unele cazuri poate să ne înșele".

Separarea — iată tendința principală a chimiștilor secolului al XVIII-lea; determinarea greutății și măsurii — iată principalele mijloace pentru atingerea acestui scop. „Chiar cînd acționează prin mijlocirea oamenilor, natura niciodată nu produce substanțele altfel decît cu balanța în mînă; ea ține seama de greutate și de măsură!", a exclamat chimistul francez L. Proust. Epoca ghicitului, a presupunerilor, a fantasticului rămăsese de domeniul trecutului, făcînd loc epocii muncii încordate, pline de încredere, în care totul slujește scopului urmărit. Ocupînd un loc de frunte în laborator, balanța alungă de aici teoria flogisticului și o serie de alte ipoteze contrazise de determinările cantitative.

Dar experimentul se dovedea în stare nu numai să răstoarne vechiul și să descopere noul, dar și să dea naștere la probleme extraordinar de grele: cum poți demonstra că în eprubetă ai un individ chimic și nu o asociere de asemenea indivizi? Ce sînt corpurile omogene, așa de numeroase în natură: compuși chimici sau simple amestecuri?

În eforturile lor de a da răspuns acestor întrebări, chimiștii au făcut cunoștință cu membrii familiei ascunse a elementelor. De fiecare dată cinstea de a face o asemenea descoperire a fost rodul spiritului de observație, al răbdării și al unor experiențe ingenioase. Aceasta a fost primăvara furtunoasă a analizei chimice. Ea a ajutat să fie cunoscute și precis caracterizate din punct de vedere cantitativ elementele chimice.

În secolele XVIII—XIX, chimia a recuperat în ritm rapid timpul pierdut în perioada sa de copilărie și de alchimie, descoperind armonie și legi în haosul de nedescris al diversității create de natură. În mare măsură, tocmai chimia anorganică a contribuit la formarea convingerii că lumea este materială și cognoscibilă, a înlăturat una după alta absurditățile și născocirile înșelătoare asupra activității misterioase a unui creator atotputernic. Chimia anorganică a devenit un factor care determina fizionomia spirituală și tehnică-materială a epocii, un element indispensabil al cunoștințelor oricărui om cult.

Chimia anorganică mergea mereu înainte. Cerințele unei cît mai complete și mai multilaterale cunoașteri, ale sta-

bilirii unor noi legi ale chimiei au făcut necesar să se recurgă la metodele fizice de cercetare.

„Chimistul care nu este în același timp și fizician nu este de fapt nimic" spunea Bunsen, unul din autorii metodei analizei spectrale.

La mijlocul secolului al XIX-lea, din chimia anorganică s-a desprins chimia organică, al cărei obiect îl constituie compușii unui singur element: carbonul.

Cea de-a doua jumătate a secolului trecut s-a remarcat printr-o serie de strălucite realizări ale sintezei organice. Chimiștii organicieni au preparat coloranți organici sintetici, medicamente prețioase, diferite substanțe parfumate. Ei au preparat pulberea fără fum, mătasea artificială, combustibilii cu mare putere calorifică.

La mijlocul secolului trecut, pe fondul fastuos al înfloririi chimiei organice, chimia anorganică le părea multora un arbore veștejit, care a încetat pentru totdeauna să mai rodească.

Perioade similare de stagnare temporară, de repaus instabil se întîlnesc în dezvoltarea fiecărei științe. Așa, de pildă, nu de mult „a renăscut" bătrîna acustică. Timp îndelungat zăcuse în arhiva istoriei științelor, cînd deodată în viața noastră au năvălit ultrasunetele...

Rămînea să rostească un cuvînt nou și chimia anorganică.

Și, într-adevăr, ea a rostit acest cuvînt nou, care găsește răsunet în cele mai înaintate și mai romantice domenii ale științei și tehnicii zilelor noastre.

...Pe mesele laboratoarelor chimice sosesc continuu colete cu pietre, expediate mereu de același corespondent: natura. Chimia anorganică este cea care trebuie să răspundă complet și fără greșeală la întrebarea: ce conține „coletul"? Răspunsul trebuie dat cu precizie, deoarece pe baza lui se hotărăște soarta muntelui care a trimis acest „colet" și caracterul industriei care va trebui „să digere" acest munte, și, o dată cu aceasta, viitorul ținutului în care a fost descoperit noul zăcămînt. S-ar părea la prima vedere că în aceasta nu este nimic complicat. Odată elementele descoperite, compușii lor sînt în cea mai mare parte cunoscuți. Și cu toate acestea astfel de probleme nu se rezolvă întotdeauna simplu. Așa, de pildă, o mare atenție cer metalele din grupa platinei, „gemenii" din familia metalelor rare, seleniul, telurul și multe alte elemente. De aici decurge pentru chimiștii analiști obligația de a analiza profund materia primă și de a pune în



evidență chiar și elementele care se găsesc în cantitate foarte mică.

Și iată că conținutul „coletului“ este așezat în rafturi. Materiei prime i s-a dat atît o caracterizare „globală“, cît și una în funcție de „nomenclatura“ elementelor chimice prezente în ea. Trebuie să se precizeze apoi în ce formă și în ce tovărășie se găsește fiecare element în materia primă. Aceasta ajută să se dea răspuns la întrebarea dacă este sau nu rentabilă îmbogățirea minereului respectiv.

Studiind conștiincios proprietățile „cărămizilor universului“, știința a ajuns de mult la concluzia că nu există elemente nefolositoare. Practica confirmă această concluzie: tot mai puțini sînt reprezentanții înscriși în tabelul lui Mendeleev care așteaptă la porțile uzinelor să li se dea de lucru.

...Urmînd în felul lor specific exemplul dat de olandezul Antony Leeuwenhoek, care și-a îndreptat lentilele sale minunat șlefuite asupra celor mai minuscule și mai neașteptate obiecte — chiar și asupra creierilor muștelor —, descoperind lumi întregi de ființe microscopice nemaivăzute înainte, chimiștii, înarmați cu metodele moderne de analiză, au organizat „goana“ după „microelementele“ dispersate ici și colo în cantități infime și foarte greu de sesizat. Ei au analizat chiar și ceea ce nu se considera ca materie primă sau încetase de a mai fi considerat ca atare. Ei au răzuit funinginea depusă pe coșurile uzinelor, au luat probe din apele reziduale, au analizat deșeurile industriale. S-au făcut astfel descoperiri uimitoare. S-a dovedit că mormanele uriașe de

rocă sterilă aruncată ca deșeu pot pretinde să fie considerate „zăcămînt"; cît despre fumul care întunecă cerul și îmbîcsește plămînii omului, el își ia zborul prin coșul uzinei împreună cu diverse elemente prețioase, și în special cu „regele semiconductoarelor", germaniul.

Apele de foraj sînt, în zăcămintele petrolifere, tovarășii de drum ai „aurului negru". Niște tovarăși de drum cam plictisitori. Și deodată se dovedește că apele de foraj sînt și ele „de aur". În ele se află dizolvate bor, brom, iod, sodă și alte substanțe. Iată o noutate: zăcămînt în zăcămînt.

Dacă însă elementele ar avea darul vorbirii, atunci în casa lor oficială denumită tabelul lui Mendeleev s-ar putea auzi multe lucruri curioase. Grupa de elemente care se pot mîndri că fac parte dintre substanțele deficitare i-ar acuza pe toți de lipsă de respect pentru persoana lor.

— Noi în deșeuri?! ar exclama indignați seleniul, aurul, germaniul și alții. Și numai pentru faptul că noi trăim în piritele cuprifere, care, vedeți dumneavoastră, se prelucrează pentru producerea acidului sulfuric? Cum îndrăzniți să ne mai numiți deficitare și scumpe cînd aveți față de noi o astfel de atitudine?

Zincul, galiul, indiul, seleniul, telurul, aurul, argintul, metalele platinice, arsenul și alte elemente și-au exprimat protestul lor pentru faptul că din elementele care intră în compoziția minereurilor de pirită cupriferă multe uzine nu extrag decît abia 10%[1].

Dar poate că asemenea pierderi sînt inevitabile. Sau poate că pentru a prinde acest „peștișor de aur" nu merită să se construiască un „năvod", deoarece nu este suficient de rentabil?

---

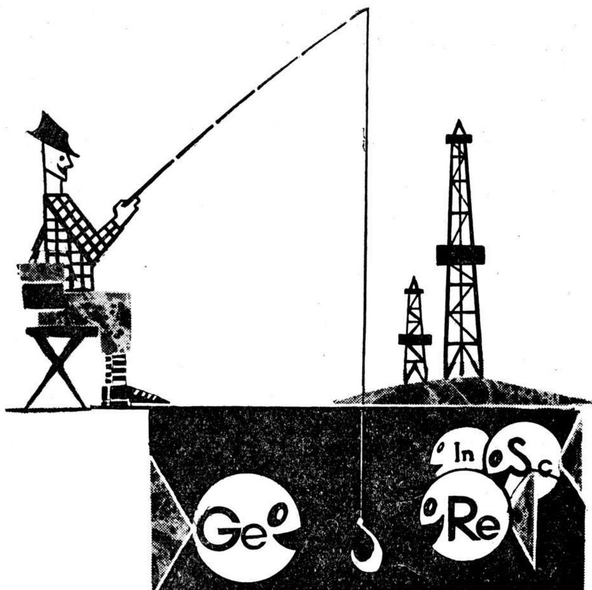
[1] În înfăptuirea directivelor elaborate de Congresul al III-lea al P.M.R., care prevede o rapidă și multilaterală dezvoltare a industriei chimice (pentru perioada șesenalului se prevede o creștere de 3,3 ori a producției) se urmărește cu consecvență valorificarea la un nivel superior a resurselor naturale ale țării. Astfel, la Combinatul de îngrășăminte chimice de la Turnu-Măgurele, în curs de construire, sulful din pirite va fi folosit pentru fabricarea acidului sulfuric; din cenușa rămasă de la arderea piritelor se va extrage cupru și zinc, cobalt și nichel, precum și metale prețioase (aur și argint). În final, din cenușă se va obține un minereu de fier cu un conținut de 50—55% oxid de fier de cea mai bună calitate. Această mare uzină chimică nu va avea nici un fel de deșeuri, putînd fi numită pe drept cuvînt, în această privință, „uzină chimică ideală" *(N.t.)*.

În fond, să ne închipuim că din porunca cuiva peștii tuturor rîurilor, lacurilor, mărilor și oceanelor și-ar părăsi bancurile lor și s-ar repartiza uniform pe întreaga suprafață ocupată de ape a globului pămîntesc. Sînteți de acord că aceasta ar constitui o tragedie pentru pescari. Cîtă apă ar trebui să fie răscolită pentru ca în năvod să se poată vedea ceva! O neplăcere analogă o reprezintă unele elemente dispersate în scoarța Pămîntului și care pot fi „captate" numai în doze extrem de mici. Și, totuși, există procedee industriale de extragere a acestor elemente.

Am mai amintit că apa de mare este un zăcămînt neasemuit. Oricine s-ar afla la odihnă pe litoralul mării ar fi probabil măgulit aflînd că se scaldă într-o soluție de aur. După unele calcule, cantitatea de metal galben aflată în apele oceanelor terestre reprezintă aproximativ 7 miliarde de tone! Dar la fiecare tonă de apă revin numai cinci miimi de gram de aur. Tehnica modernă nu se entuziasmează la perspectiva îmbogățirii omenirii prin extragerea metalului prețios din apa mării. Și, cu toate acestea, există procedee de înaltă eficiență pentru extragerea elementelor care se găsesc chiar și în concentrații atît de neînsemnate. Unele organisme marine sînt înzestrate cu astfel de calități.

În întrecerea cu natura, chimiștii cîștigă noi și noi victorii strălucite. Dar probabil că nu va veni niciodată timpul cînd ei nu vor mai avea nimic de învățat de la marele lor învățător — natura. Lecțiile date de ea, omul și le însușește în mod creator. El nu copiază „tehnologia" proceselor naturale, ci își elaborează una proprie, uneori mai puțin bună, dar alteori mai perfecționată decît aceea care i-a servit drept model. În acest caz omul se călăuzește întotdeauna în primul rînd după cerințele materiale ale epocii, după necesitățile economiei. În ceea ce privește industria chimică anorganică a țărilor socialiste, grandioasele planuri de dezvoltare a economiei naționale a acestor țări pun în fața ei, ca o sarcină de mare urgență, studiul sistemelor și proceselor chimice care stau la baza tehnologiei celei mai perfecționate. Această tehnologie face posibil astăzi ceea ce ieri părea imposibil; ea face să fie avantajos economicește ceea ce ieri încă era nerentabil; ea reduce la minimum devalorizarea materiei și transformă deșeurile în materii prime.

Consecințe economice deosebit de însemnate are modificarea tehnologiei în fabricația celor mai des utilizate sub-



stanțe intermediare. Aceștia sînt „cei trei giganți" ai chimiei de bază: *acidul sulfuric*, *soda* și *îngrășămintele minerale*.

Cînd dorim să subliniem necesitatea primordială, de fiece zi, a unui produs oarecare pentru industrie, îl comparăm cu pîinea. Cimentul este pîinea construcțiilor. Metalul este pîinea industriei.

Din acest punct de vedere, fiecare din produsele anorganice amintite constituie de asemenea pîinea, și nu numai a uneia, ci a multor industrii.

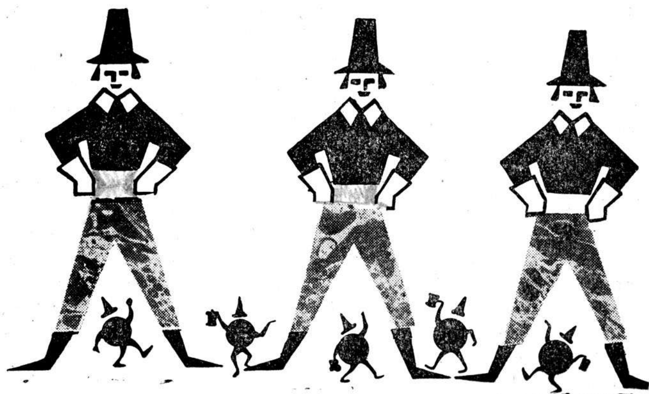
Trec anii, se modifică profilul, caracterul proceselor productive, noi materiale își cuceresc recunoașterea unanimă. Dar acidul sulfuric, soda și îngrășămintele minerale rămîn necesare ca și mai-nainte, zilnic și în cantități tot mai mari. Și nimic, nici un fel de înlocuitori nu pot substitui acești compuși anorganici „fundamentali". Pe aceștia nici chimia organică, puternicul vlăstar al chimiei anorganice, nu-i poate privi de sus. Fără străvechiul H_2SO_4 nu sînt posibile nici rafinarea petrolului, nici fabricarea de explozivi, me-

dicamente, vopsele, materiale plastice. Nici nu le poți enumera pe toate. Se consideră că nivelul producției și al consumului de acid sulfuric este unul din indicatorii ce caracterizează nivelul industriei chimice al țării în ansamblu. Iar elementul care ocupă cea de-a 16-a căsuță a tabelului lui Mendeleev — sulful — este privit de economia mondială în primul rînd ca materie primă pentru obținerea acidului sulfuric.

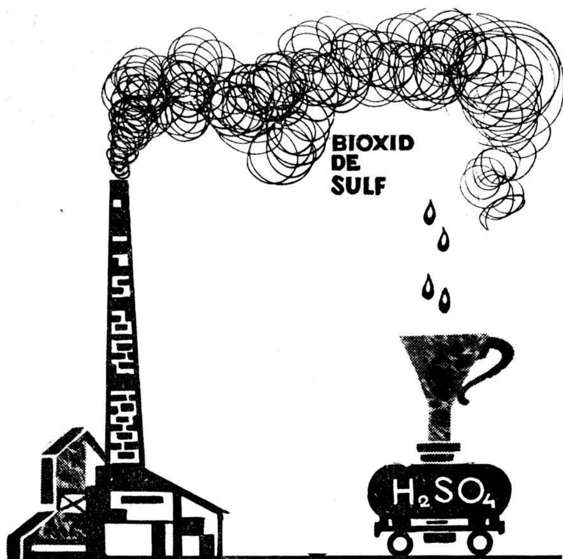
Dar zăcămintele existente de sulf elementar nu satisfac nici pe departe necesitățile industriei de acid sulfuric. Sulful deficitar este extras din diferite minerale care conțin acest element și nu totdeauna într-un mod rațional din punct de vedere economic. Acidul sulfuric se fabrică în cantități enorme — milioane de tone anual — și niciodată nu se acumulează „stocuri nevandabile". Dimpotrivă, necesitățile cresc de la an la an. În legătură cu aceasta se pune tot mai acut problema obținerii de cantități suficiente de sulf.

Elementul care joacă rolul principal în producția de acid sulfuric este principalul dușman al metalurgiei feroase. În toate stadiile de prelucrare metalurgică a minereului de fier, sulful este înlăturat prin toate mijloacele posibile.

De exemplu, fabrica de aglomerare a uriașului combinat metalurgic elimină zilnic în aer, în medie, o cantitate de gaz sulfuros care ar ajunge pentru producția cîtorva sute de mii de tone de acid sulfuric. Dar aglomerarea este numai începutul



ACID SULFURIC SODĂ ÎNGRĂȘĂMINTE MINERALE



luptei necruţătoare a metalurgiştilor împotriva impurităţilor care înrăutăţesc calitatea oţelului. Sulful este îndepărtat în cantitate mare împreună cu zgurile de furnal. Pentru a scoate acest element din baia metalică şi a-l lega strîns într-un compus care să nu permită trecerea din nou a sulfului în oţelul topit este nevoie să se ridice mult temperatura de topire.

În general, pe lîngă metalurgia feroasă poate să trăiască şi „să se hrănească" foarte bine şi industria de acid sulfuric. Din această convieţuire rezultă economii de multe milioane.

Pentru tot ceea ce este viu şi se găseşte în apropierea rafinăriilor de petrol, hidrogenul sulfurat este o calamitate. În viitorul apropiat, şi aceste „excremente ale industriei", cum le-a denumit K. Marx, vor intra în numărul surselor de bază pentru fabricarea acidului sulfuric. Aceasta deoarece cantitatea de hidrogen sulfurat degajat este extraordinar de mare şi va creşte o dată cu dezvoltarea industriei de prelucrare a petrolului.

Cel de-al doilea „gigant" al chimiei de bază este soda. Acest produs are consumatori tradiţionali: industria sticlei

și producția diferiților agenți de spălare. Cu timpul, cercul consumatorilor de sodă s-a lărgit. În prezent, ca și acidul sulfuric, soda se fabrică în cantități mari, de ordinul milioanelor de tone anual.

Punctul vulnerabil al producției de sodă îl constituie deșeurile. În fiecare săptămînă, o uzină de sodă de capacitate medie aruncă mii de metri cubi de leșii finale.

Din punct de vedere strict chimic nu există deșeuri. Există doar materii prime care nu și-au găsit încă stăpîn sau, cu alte cuvinte, „stăpînul" nu poate utiliza tot ceea ce, astăzi încă, numește, pentru propria sa justificare, „deșeu".

Uzinele moderne de sodă fac parte dintre întreprinderile care folosesc mari cantități de materii prime. Pentru producerea unei tone de sodă se consumă, potrivit schemei tehnologice existente, o tonă și jumătate de sare de bucătărie și aceeași cantitate de calcar. Conform acestei tehnologii, considerate drept cea mai bună, din sarea de bucătărie, NaCl, se utilizează 75% din sodiu și 0% din clor, iar din calcar, $CaCO_3$, 0% din calciu și 44% din bioxidul de carbon. „Procentele" care rămîn se aruncă. Înghițind munți de materii prime, producția de sodă este legată de resursele naturale corespunzătoare. Transportul acestor munți cu trenul ar costa foarte mult. Dar, pe de altă parte, locul resurselor de materii prime nu întotdeauna convine geografiei industriale. Într-o serie de cazuri nu este de dorit să se rupă uzinele de sodă de sursele lor de alimentare.

În industria sodei sînt necesare transformări radicale. Ele constituie cerințe ale timpului, ale economiei naționale, ale chimiei moderne, căreia îi este rușine de deșeuri (în special de cele dăunătoare) și care luptă pentru ca fiecare element al tabelului lui Mendeleev să-și găsească de lucru pe măsura posibilităților.

Specialiștii au elaborat în anii din urmă mai multe variante de transformări radicale în industria sodei.

Cu leșiile finale, acolo unde prezența lor este inevitabilă s-a propus să se procedeze în două moduri. La unele uzine s-a propus ca ele să fie utilizate pentru a se obține clorură de amoniu (îngrășămînt) și clorură de calciu. Proprietatea soluțiilor saturate de clorură de calciu de a nu îngheța chiar la temperaturi destul de joase face din această sare un bun agent frigorific în industria frigului și un ajutor pentru constructori în timp de iarnă, cînd fără acest agent mortarurile îngheață foarte repede. Dar clorura de amoniu

nu este cel mai bun îngrășămînt, iar clorura de calciu este necesară în cantități mult mai reduse decît poate oferi industria sodei. Cererea este mai mică decît oferta...

Această problemă poate fi soluționată radical: soda nu numai că va fi fabricată fără deșeuri, dar ea însăși va deveni produsul de prelucrare a deșeurilor altor industrii. Chimia este un maestru iscusit în găsirea unor asemenea soluții. Proiectul care se are aici în vedere ne întoarce la mineralele nefelină și sienită. Prin prelucrarea acestora în uzinele de aluminiu, rezultă ca deșeu hidroxidul de sodiu, care este mobilizat ca materie primă pentru fabricarea sodei, ceea ce, în prezent, se și realizează.

Dacă înainte industria de aluminiu era numai un consumator de sodă (slujind la tratarea bauxitelor), azi această industrie o produce (în cazul în care materia primă este nefelina și sienita). Noul procedeu de obținere a sodei permite să se economisească mijloace materiale enorme[1].

Dintre elementele cărora le revine un rol principal în industria chimică fac parte sulful, azotul, carbonul, oxigenul, hidrogenul, sodiul, fosforul, potasiul și clorul.

Programul P.C.U.S. prevede chimizarea multilaterală a agriculturii. După plenara din mai 1958 a C.C. al P.C.U.S., chimia sovietică s-a dezvoltat într-un ritm accelerat. Plenara din decembrie 1963 a C.C. al P.C.U.S. a trasat un vast program de dezvoltare a industriei chimice și de chimizare a agriculturii. În perioada 1964—1970 producția chimică globală va crește de 3—3,3 ori, producția de îngrășăminte urmînd să atingă la sfîrșitul perioadei 70—80 000 000 de tone de îngrășăminte minerale, pentru a satisface pe deplin nevoile agriculturii.

Dar mărirea cantității de îngrășăminte introduse în sol nu este un lucru chiar așa de simplu. Ca peste tot, cuvîntul hotărîtor revine considerentelor economice. Rentabilitatea utilizării îngrășămintelor, spun economiștii, este determi-

---

[1] În R.P.R. soda se obține prin procedeul amoniacal din sare, din care avem rezerve imense iar uzina de aluminiu de la Slatina va intra în funcțiune pe bază de bauxite romînești.

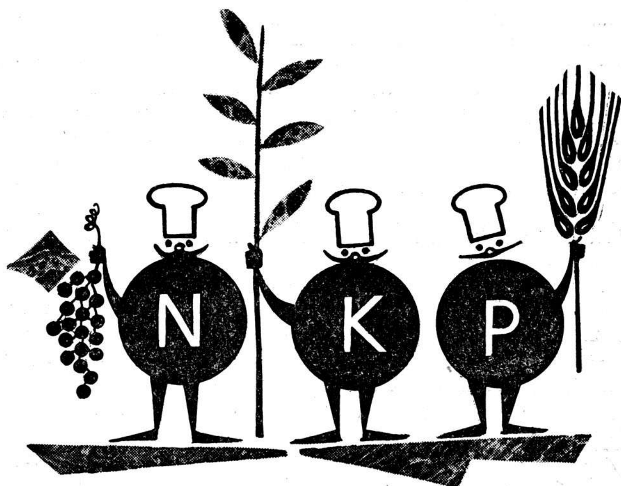
Creșterea vertiginoasă a consumului de clor, pentru produsele organice clorurate și obținerea acestuia prin electroliza clorurii de sodiu au dat naștere unei noi probleme pentru chimiști: ce să facă cu soda caustică apărută de data aceasta ca deșeu în procesul de electroliză. Transformarea ei în sodă calcinată, în condiții economice, va rezolva atît problema acestui deșeu, cît și problema clorului aruncat sub formă de clorură de calciu din fabricile de sodă *(N.t.)*.

nată de raportul dintre valoarea creșterii recoltei și valoarea îngrășămintelor consumate. Aceasta din urmă depinde de mulți factori: de condițiile de extragere și de îmbogățire, de prelucrare a materiei prime, de condițiile de transport, de particularitățile solului, de felul culturii agricole etc.

Transportul îngrășămintelor pe căile ferate în decurs de un an reprezintă cifre uriașe de tone-kilometri. Dar calea ferată nu transportă totdeauna aceste mărfuri pînă la destinație. Din vagoanele de cale ferată îngrășămintele sînt descărcate în depozitele bazelor de distribuire, iar de aici în autocamioane. Autocamioanele parcurg uneori zeci de kilometri pe drumurile de țară, ridicînd în urma lor nori de praf. De-abia s-au descărcat îngrășămintele în depozitele marilor gospodării agricole, că din nou se încarcă și se transportă la cîmp, unde, cu ajutorul mașinilor de împrăștiere, fac ultimul lor drum.

Aceasta înseamnă că la cifrele amintite trebuie să se mai adauge și costul transportului auto, cheltuielile de depozitare etc.

De aceea se simte nevoia unor îngrășăminte mai eficiente. Chimiștii lucrează intens în această direcție și au creat deja o serie de compuși care conțin de două ori mai multă sub-



stanță activă decît îngrășămintele fabricate anterior. Acestea dau o considerabilă economie de mijloace. Iar în viitor chimiștii vor reuși, fără îndoială, să creeze îngrășăminte minerale de concentrații și mai mari.

Avînd în vedere marele volum al necesităților satului în ce privește diverși produși chimici, chimia trebuie să fie foarte atentă la problemele economice.

Iată de ce este așa de atrăgătoare ideea obținerii amoniacului, materia primă pentru fabricarea azotatului de amoniu, cel mai prețios îngrășămînt cu azot, pe baza gazului natural. Înainte, cînd pentru sinteza amoniacului se utiliza gazul de cocserie, ea costa aproape de două ori mai scump decît în cazul utilizării gazului natural sau a gazului de sondă.

... Secolul al XX-lea va intra în istoria științei și a tehnicii ca secolul energiei atomice, al electronicii și al radioului, al automatizării complexe, al tehnicii rachetelor și al altor victorii ale geniului uman. Printre cei ce dau asalt acestor culmi, chimiștii anorganicieni nu se situează de loc în ultimele rînduri. Nici nu s-ar fi putut altfel, căci chimia, atît cea anorganică, cît și cea organică, dispune de soarta elementelor, unindu-le în tot felul de molecule sau scindînd diversele molecule în molecule mai simple sau în atomi. Dispunînd de această forță magică, chimia creează materiale și substanțe care nu există în natură, dar care sînt absolut necesare în epoca în care își iau zborul rachetele, în care funcționează centrale atomice, în care există fotoelemente, baterii solare și multe alte lucruri uimitoare.

S-ar putea da în acest sens nenumărate dovezi. Iată una din cele mai grăitoare. Dacă în producția de turbogeneratoare se trece la utilizarea unor izolații pe bază de compuși silicoorganici, acestea pot deveni mai puternice cu 10% și chiar mai mult fără a-și schimba dimensiunile constructive. Cît despre cheltuielile pentru utilarea unei uzine de lacuri silicoorganice, ele sînt de zece ori mai mici decît costul unei astfel de hidrocentrale.

Ca întotdeauna, industriei chimice îi dau aripi pentru un nou avînt realizările științei. Și, evident, nu este vorba numai despre chimia organică, deși industria sintezei organice cunoaște un ritm de dezvoltare deosebit de rapid.

Multe din punctele de sprijin ale tehnicii celei mai avansate intră în competența anorganicienilor.

Chimia semiconductoarelor... Încă nu s-au scris monografiile și manualele care să delimiteze pe harta științei gra-

nițele acestei noi regiuni, dar în ea clocotește viața, se încing dispute pasionate, se stabilesc relații prietenești cu vecinii: chimia cuantică, cristalochimia, chimia fizică... Tînăra știință tinde în mod firesc să găsească legi generale, capabile să lege printr-o punte durabilă proprietățile semiconductoare cu particularitățile interne ale structurii materialului. Numai de pe puntea de comandă a teoriei se va putea prezice suficient de exact comportarea semiconductoarelor, cunoscîndu-se compoziția lor chimică și structura lor.

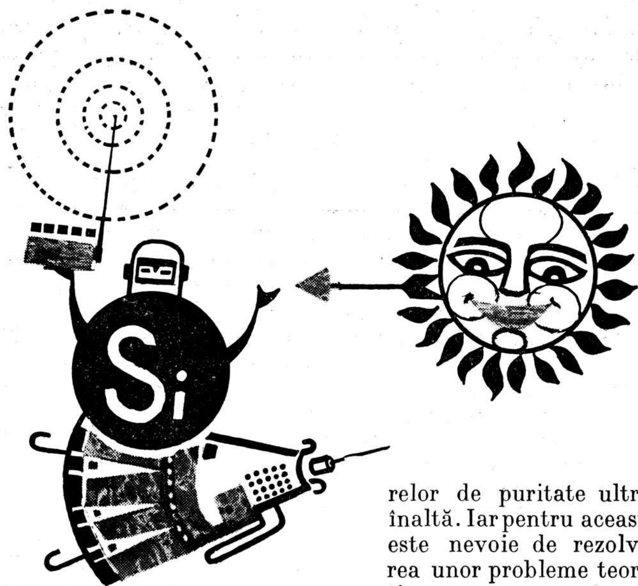
Aceasta este o problemă teoretică și practică de mare însemnătate. Ea ne duce în adîncul materiei, acolo unde individualitatea elementului chimic se manifestă nu în aspecte exterioare, ci în însăși „anatomia" atomului.

Nu a trecut chiar așa de mult din vremea cînd în tratatele de chimie se putea citi despre germaniu: „Aproape nu se prepară pe scară industrială. De aceea ne vom limita numai la o scurtă caracterizare generală. Compușii germaniului se utilizează la fabricarea ecranelor luminoase, precum și a sorturilor de sticlă cu indici de refracție ridicați...". Despre siliciu se spunea mai mult, dar de asemenea nici un cuvînt despre proprietățile sale de semiconductor.

Și iată că în numai cîțiva ani semiconductoarele au pătruns în cele mai diferite domenii ale tehnicii, deschizînd posibilități calitativ noi, deosebit de interesante. În particular, semiconductoarele au dat răspuns la trei tendințe în dezvoltarea radiotehnicii: miniaturizarea detaliilor de radio, creșterea trainiciei și sporirea siguranței în funcționarea acestora. Un alt domeniu important de utilizare a semiconductoarelor a fost crearea aparatelor și dispozitivelor termoelectrice. Bateriile solare cu siliciu funcționează bine în cosmos, alimentînd aparatele de radio ale laboratoarelor automate neterestre.

Căpătînd de la laboratoarele științifice tot ce este nou, tehnica trece de obicei foarte repede de la entuziasm la noi cerințe imperioase. Astfel, materiale semiconductoare există, dar se pare că în curînd vor fi necesare altele. Unde sînt acestea, cînd le vom avea?

Sintetizînd noi materiale semiconductoare, tot mai „sensibile" și mai bune, savanții merg deocamdată pe calea unei cercetări empirice. Bineînțeles, acest drum nu este cel mai scurt și cel mai sigur. Deosebit de importantă pentru chimia semiconductoarelor este elaborarea noilor metode chimice și fizico-chimice pentru obținerea semiconductoa-



relor de puritate ultraînaltă. Iar pentru aceasta este nevoie de rezolvarea unor probleme teoretice.

Din obişnuinţă continuăm să spunem: curat ca roua, curat ca lacrima. Este poetic, dar şi arhaic. Nici una, nici cealaltă nu poate sluji în epoca noastră drept model de puritate. În orice caz nu pentru chimia semiconductoarelor.

Să luăm următorul exemplu. Într-un pahar cu apă absolut curată dizolvăm un grăunte de sare. Apoi, luînd un degetar din această soluţie, o introducem într-un butoi de circa 5 000 de litri, iar din acesta luăm o picătură de soluţie şi o introducem în alt butoi cu apă la fel de mare. În felul acesta puritatea apei se va apropia de 99,999999999 %, adică după virgulă vom avea de nouă ori cifra nouă. Cam acesta e ordinul de puritate de care avem nevoie cînd este vorba de semiconductoare.

Aceste înalte cerinţe de puritate se explică prin faptul că în funcţionarea tranzistoarelor au influenţă tocmai cantităţi aproape imperceptibil de mici de impurităţi. Caracteristicile de lucru pe care trebuie să le aibă aceştia sînt

încălcate chiar de un număr restrîns de atomi străini, încă neexpulzați din materialul respectiv.

Încercările de automatizare a unor operații tehnologice întîmpină dificultăți serioase datorită faptului că este greu și uneori aproape imposibil să se asigure culegerea de informații asupra mersului procesului. De exemplu, în metalurgie este greu de măsurat temperatura topiturii. Aparatele de măsură nu suportă încălzirea intensă care este inevitabilă prin contactul cu metalul lichid, cu bolta încălzită la roșu a cuptorului de topit oțel, cu curentul de gaze fierbinți etc.

În legătură cu aceasta, o problemă actuală a chimiei semiconductoarelor o constituie studiul sistemelor care includ compuși semiconductori greu fuzibili și elaborarea metodelor de sinteză a acestora.

În general se poate spune că pentru tehnica modernă compușii greu fuzibili prezintă un interes deosebit și nu este greu de înțeles de ce.

Progresului tehnic îi este proprie o tendință irezistibilă de ridicare a regimului de temperatură a proceselor de lucru. Dar fiecare pas pe treptele scării de temperatură se face cu mare greutate, căci iar și iar trebuie soluționată problema complicată a creării de noi tipuri de combustibili, capabili să degajeze cantități imense de căldură, și în același timp să se fabrice materiale capabile să reziste la temperaturi înalte.

De succesele obținute în domeniul proceselor termice depind ramuri de avangardă ale tehnicii moderne: tehnica rachetelor, a energiei atomice etc. Iar urgiei focului îi pot rezista numai compuși anorganici speciali. Nu întîmplător tehnica a bătut la poarta anorganicii atunci cînd s-a izbit în drumul dezvoltării sale de barierele termice.

De cînd lumea, oamenii au obținut căldură arzînd lemne, cărbuni, iar mai tîrziu benzină, petrol, păcură, gaz natural. În general, istoria combustibililor a cunoscut pînă nu de mult numai compușii hidrocarbonați, organici.

Dar iată că lucrurile s-au schimbat. Cerul secolului al XX-lea este brăzdat de avioane puternice cu fuzelajul avîntat îndrăzneț înainte și cu aripile îndreptate oblic înapoi. De pe pistele de beton își iau zborul cu un zgomot asurzitor rachetele urmate de o coadă de foc și fum.

Chimiștii au început să caute cu perseverență combustibili pentru noile tipuri de avioane din ce în ce mai rapide

— reactoarele — şi pentru rachetele tot mai puternice. Atenţia lor s-a îndreptat spre compuşii hidrogenaţi ai borului. Capacitatea calorifică a borohidrurilor, sau a boranilor, cum mai sînt denumite, era de ordinul a 15 mii de kilocalorii pe kilogram de combustibil, adică o dată şi jumătate mai mult decît dau combustibilii hidrocarbonaţi. Boranii mai au şi o altă proprietate, deosebit de preţioasă pentru motoarele cu reacţie: ard cu viteză fulgerătoare. Şi materia primă care conţine bor nu este deficitară. Este boraxul.

Cui i-ar fi putut trece prin minte? Ieri încă, dacă am fi fost întrebaţi: „Ce folos aduce substanţa aceasta?“, am fi omis din răspunsul nostru tocmai esenţialul. Iar în ziua următoare apare ca esenţial un „talent“ nou, necunoscut pînă atunci şi neaşteptat al acestei substanţe nu prea arătoase, binecunoscută fotografilor amatori.

Borul s-a dovedit a fi un element uimitor de multilateral. Boranii sînt combustibili de perspectivă, iar borurile — aliaje termorezistente cu calităţi excepţionale. În alianţă cu titanul şi molibdenul, cu zirconiul şi cromul, cu cromul şi nichelul şi cu alte perechi corespunzătoare, borul formează materiale care îşi păstrează rezistenţa multă vreme la temperaturi foarte ridicate. Iată de ce borurile şi-au găsit utilizare la construirea de turbine cu gaze, la fabricarea diverselor piese ale motoarelor reactoare. Se recurge de obicei la borurile metalice cînd se construiesc piese grele care trebuie să funcţioneze în condiţii de temperatură periculoase pentru alte materiale.

Termorezistenţa ridicată şi infuzibilitatea borurilor le-au deschis drum spre cele mai diverse domenii ale industriei.

Tehnica modernă cere zi de zi o cantitate tot mai mare de metale neferoase şi rare de înaltă puritate. Dar în stare topită aceste metale sînt foarte agresive şi materialele refractare obişnuite de obicei nu le pot rezista.

Dezvoltarea energeticii speciale necesită tuburi prin care să poată trece timp îndelungat astfel de lichide periculoase cum sînt metalele topite: sodiul, plumbul, staniul, zincul, bismutul, precum şi aliajele lor.

Şi într-un caz şi în altul, principalii candidaţi pentru ocuparea „posturilor“ vacante sînt borurile. De pe acum din ele se şi confecţionează sau se căptuşesc cu ele creuzetele speciale, schimbătoarele de căldură. Materialele refractare

pe bază de borură de zirconiu rezistă zeci și sute de ore în contact cu metalele lichide agresive.

Cu acest prilej e nimerit să spunem un cuvînt și despre duritatea borurilor, despre stabilitatea la uzură a acestora. În calitate de scule așchietoare, borurile, în combinație cu ceramica metalizată, deși nu sînt inferioare aliajelor pe baza celebrului wolfram, sînt mult mai puțin costisitoare.

Chimia anorganică construiește arme împotriva temperaturilor înalte nu numai prin crearea de compuși cu proprietăți speciale.

La institutul de chimie a silicaților al Academiei de Științe a U.R.S.S. se poate vedea mostra următoare. De o foaie de carton alb este fixat cu un fir o bucățică de cărbune. Cui dorește, i se permite chiar s-o atingă cu mîna. Bucățica de cărbune este casantă, se fărîmițează.

Acest material a fost cîndva oțel. Oțel din cel mai obișnuit. A fost ținut însă în condițiile în care lucrează aliajele refractare. Starea de degradare în care a ajuns se datorește oxigenului din aer și temperaturii înalte. Așa ar fi arătat multe din instalațiile industriale moderne dacă ar fi fost construite din oțeluri de pe vremea bunicilor noștri.

În domeniul chimiei silicaților, lupta împotriva coroziunii se duce pe linia „închiderii porților", sau, cum se spune în glumă, „prin metode superficiale".

Alături de bucățica de fost oțel, acum carbonizată, pe foaia de carton este fixată o a doua mostră. Aceasta nu se deosebește prin nimic de una din oțel obișnuit, decît prin faptul că timp de cîteva sute de ore a fost ținută în aer la temperatura de 900°C, și totuși a rămas intactă.

Mostra amintită este construită din același oțel ca și precedenta, însă e acoperită la suprafață cu o peliculă refractară foarte fină, invizibilă cu ochiul liber. Acest procedeu permite în multe cazuri să se înlocuiască oțelurile speciale aliate, care conțin în proporție mare metale costisitoare, cu oțeluri aliate cu un conținut mai restrîns din astfel de metale sau chiar cu oțeluri nealiate, obișnuite. Pentru economia națională, urmările unei astfel de înlocuiri pot fi evaluate prin sume imense și prin mari cantități de metale prețioase economisite.

Beneficiarii care cer acoperiri refractare devin din an în an mai nerăbdători și mai capricioși. Ei supun construcțiile lor la șocuri termice distrugătoare, la impulsuri termice extenuante. De exemplu, în procesul de exploatare,

turbina cu gaze face un „salt“ de la 300 la peste 1 000°C, iar aceasta are loc destul de repede. Variațiile bruște de temperatură provoacă variații tot așa de bruște ale dimensiunilor detaliilor metalice constructive. Platoșa refractară se dovedește a fi cînd insuficientă, cînd prea mare. Emailurile ce se foloseau înainte nu rezistau la acțiunea marilor tensiuni interioare repetate provocate de „respirația“ febrilă a metalului. Ele crăpau și se desprindeau de la suprafața piesei respective. Trebuia să se găsească astfel de compoziții care să dea pelicule cu dilatarea liniară apropiată de dilatarea liniară a materialului supus protecției. Acestea au și fost găsite și au la bază ceramică metalizată. La baza ceramicii metalizate se află un liant pe bază de silicați. Prima componentă preia funcțiile refractare (silicea se topește la o temperatură de peste 1 700°C), iar sarcina celei de-a doua este de „a ajusta cămașa pe corp“.

Pelicula trebuie să aibă și o rezistență mecanică mare, căci construcția care trebuie protejată poate fi supusă la fel de fel de încercări.

Ar fi însă greșit să spunem că știința a și obținut victoria în bătăliile împotriva coroziunii. Pînă în prezent, acoperirile refractare nu rezolvă nici pe departe această problemă. Și nu în toate cazurile se impune această soluție. Pentru fiecare metal, pentru condițiile date în care trebuie să funcționeze, trebuie să se caute pelicule protectoare noi, originale. Și aici, datorită complexității teoriei acestor probleme, domină cercetarea empirică.

În toate stadiile, de la extragere pînă la prelucrare, metalul este însoțit de săruri topite. Zgurile, toate tipurile de fondanți, băile electrice sau de tratamente termice, acoperirile de protecție, lichidele pentru curățirea suprafețelor — toate acestea sînt săruri topite. Ele mai apar într-un rol foarte la modă: în calitate de acumulatoare, de transportoare de căldură, atunci cînd temperaturile sînt deosebit de mari. În sfîrșit, cu ajutorul sărurilor topite, chimiștii extrag unele componente prețioase din unele sorturi de materii prime naturale, de exemplu compuși ai litiului din spodumen[1]. De aceea, dacă trebuie să vorbim despre problemele principale care stau astăzi în fața chimiei anorganice, sărurile topite reprezintă un domeniu cu mari exigențe față de teorie.

---

[1] Mineral conținînd litiu; are formula $LiAlSi_2O_6$.

Se cunosc încă foarte puține lucruri cu privire la temperatura de cristalizare, de volatilizare a sărurilor, despre limitele superioare de temperatură ale existenței topiturilor. Încă nu s-au trasat măcar cărările care trebuie urmate pentru a stabili legătura dintre diagramele diferitelor proprietăți ale acestor lichide.

Ca o temă depărtată spre care tindem se conturează elaborarea procedeelor de control al coroziunii provocate de sărurile topite. După cum se știe, în majoritatea cazurilor, acestea corodează suprafețele metalice cu care vin în contact. Se pot găsi însă substanțe care să imprime fostei „otrăvi" proprietăți de „balsam". Perspectivă atrăgătoare! Este greu de prezis proporțiile și toate direcțiile acelei grandioase ofensive a tehnicii viitorului care se pregătește pe un teren al chimiei anorganice pînă nu de mult încă nedesțelenit — acela al elementelor rare.

Să luăm, drept pildă, o grupă a elementelor pămînturilor rare.

„La ce-or fi putînd să folosească?", își frămîntau mintea chimiștii anorganicieni atunci cînd, învingînd imense dificultăți, separau și izolau „gemenii" pămînturilor rare. Practicienii ridicau din umeri: „În industria sticlei, în industria ceramicii... Cine știe unde ar mai putea fi folosiți... Așa că, tovarăși chimiști, nu vă grăbiți deocamdată cu această producție costisitoare".

Dar nu a trebuit mult timp pentru ca aceste ciudate unicate ale naturii, cu „destinație" necunoscută, să se transforme în materii prime strategice. Secolul al XX-lea nu se miră de astfel de transformări. El este martorul intrării triumfale în practica uzinală a unor astfel de muncitori harnici promovați din rîndurile anorganicii, ca vanadiul, cobaltul, molibdenul, uraniul, plutoniul, toriul, beriliul și altele.

Elementele pămînturilor rare au devenit „strategice" de îndată ce s-a dezvoltat tehnica energiei atomice. Savanții au arătat că în acest domeniu ceriul, gadoliniul, samariul, europiul și în special ytriul își găsesc cea mai largă utilizare.

Într-adevăr, aceste metale se comportă în mod diferit față de așa-numiții neutroni termici. Amintim că neutronii termici lenți joacă în reactorul nuclear rolul de inițiatori și de continuatori ai reacțiilor în lanț, adică rolul principal. Dacă numărul lor nu este suficient, combustibilul nuclear pîlpîie doar și „se stinge". Dacă însă numărul lor

este prea mare, depășind o anumită limită, iarăși nu este bine: reacția în lanț ia asemenea proporții, încît nu o deosebești de explozie. Astfel că în mod obligatoriu numărul neutronilor termici trebuie să fie nici mai mic, nici mai mare decît cel necesar pentru funcționarea normală a reactorului.

Combustibilul nuclear — uraniul, plutoniul sau toriul — se introduce în reactor în mantale metalice. Mai sînt și alte construcții metalice care se găsesc în zona activă a reactorului. Materialul de construcție trebuie să fie de așa natură, încît să nu împiedice neutronii lenți de a-și îndeplini sarcina, care constă în a fisiona nucleele (sau, după cum spun specialiștii, trebuie să aibă o secțiune mică de captare a neutronilor lenți). Ytriul este tocmai elementul care se caracterizează printr-o secțiune mică de captare. Și nu numai atît: el este și ușor, și rezistent. Toate aceste calități fac ca elementul 39 să se situeze în frunte printre materialele de construcție necesare tehnicii energiei atomice.

Iată însă că lantanidele gadoliniu și europiu au o secțiune de captură mare pentru neutronii termici. Și aceasta este tot o calitate prețioasă. Aceste elemente permit să se rezolve mai bine problema protecției biologice. Savanții americani consideră că în locul plăcilor groase se vor putea folosi protecții subțiri, ușoare. Și tocmai protecția biologică, enormă ca greutate, constituie una din piedicile cele mai serioase în calea pătrunderii motoarelor atomice în aviație.

Nu numai tehnica atomică a recunoscut calitățile elementelor pămînturilor rare. Metalurgiștii au stabilit că amestecul acestor elemente — așa-numitul mișmetal — are o influență favorabilă asupra oțelurilor inoxidabile: le mărește maleabilitatea (punctul vulnerabil al multor mărci de oțel) și stabilitatea la coroziune.

S-a constatat că, de exemplu, oxizii de praseodim, ceriu, lantan au o tensiune termoelectromotoare înaltă. Prin încălzirea pînă la temperatura de 500—750°C, ele devin baterii electrice care dau o tensiune de 1,4 volți.

Ytriul s-a dovedit a fi un foarte bun absorbant al gazelor care se degajează în condițiile unui vid înaintat. Iar vidul înaintat și presiunile înalte reprezintă instrumente ultramoderne și în continuă perfecționare ale științei și tehnicii, cheia fermecată care deschide poarta spre înțelegerea multor taine ale naturii, spre crearea unor aparate extraordinare, spre realizarea unor procese neobișnuite. În realizarea unor

depresiuni ultrainaintate sînt direct interesaţi cercetătorii plasmei temperaturilor înalte, ai reacţiilor termonucleare. Au nevoie de un vid avansat şi constructorul giroscopului şi creatorii lămpilor electronice, ai cinescoapelor, ai sincrofazotroanelor.

Mai modeste sînt utilizările posibile ale ceriului, element care îmbunătăţeşte vizibil oţelul din care se confecţionează vilbrochenele.

Industria constructoare de maşini este direct interesată în concentratele de zirconiu. Acestea s-au dovedit a fi un material excepţional împotriva formării de cruste (ţunder). Utilizarea lor permite să se reducă la jumătate numărul salariaţilor secţiilor de modelare din turnătorii. Piesele turnate au o suprafaţă curată, iar operaţiile de prelucrare se reduc la minimum.

Ce ar fi însă dacă am uni elementul bor, atît de bine „înzestrat" de natură, cu elementele pămînturilor rare? Această idee fericită a ajutat pe chimiştii anorganicieni să găsească materiale deosebit de preţioase pentru radiotehnică. Borurile elementelor pămînturilor rare, în special hexaborura de lantan, au proprietatea ca prin încălzire să emită un număr extraordinar de mare de electroni, cu alte cuvinte are proprietăţi bune de termoemisiune. Catozii confecţionaţi din aceste boruri funcţionează excelent în condiţiile presiunilor joase, se pot exploata la tensiuni mari ale cîmpului; proprietăţile lor nu se înrăutăţesc datorită bombardării cu ioni.

Dacă pînă relativ nu de mult practica reacţiona timid la propunerile anorganicienilor de a se obţine elementele pămînturilor rare, în prezent ea este cea care-i învinuieşte pe chimişti că prea încet perfecţionează procedeele de producţie ale acestor elemente greu accesibile, că elementele pămînturilor rare sînt încă de o scumpete de neiertat, că nu le au decît în cantităţi prea mici. Deocamdată această cerere mare priveşte numai unele lantanide. Dar, cu timpul, ea le va cuprinde pe toate.

Luînd cuvîntul la simpozionul internaţional de la Praga privitor la problemele planificării ştiinţei, academicianul P.L. Kapiţa a spus printre altele:

„... Deşi natura forţelor dintre atomi este bine cunoscută, nu există încă o teorie cantitativă care să lege proprietăţile substanţei — de exemplu cele mecanice, capacitatea de a

rezista la oxidare în condiții de temperaturi înalte etc. — cu compoziția chimică și cu structura fizică.

De aceea drumul de bază al cercetării în acest domeniu este empiric. Dar nu este greu de arătat că numai empirismul nu poate rezolva complet această problemă. Cunoaștem multe elemente care formează aliaje. Să presupunem că pentru descrierea proprietăților folositoare ale unui metal sau aliaj — rezistența, rezistența termică, elasticitatea, conductivitatea electrică și așa mai departe — avem nevoie de o pagină. Dar dacă pentru a descrie numai proprietățile elementelor vor fi necesare — de pildă — 100 de pagini, pentru a descrie proprietățile aliajelor binare vor trebui cel puțin 10 000 de pagini. Cît despre aliajele sistemelor ternare, ele vor necesita un milion de pagini. Se poate ușor vedea că studierea și descrierea sistematică a sistemelor ternare constituie limita posibilităților noastre... Se știe însă că în practică se și utilizează aliaje din patru componente și chiar mai multe și că asemenea aliaje au permis să fie rezolvate probleme importante.

Vor sta oare lucrurile totdeauna așa? Nu e de crezut! Aceste aliaje cu mai multe componente au fost găsite, poate, întîmplător, dar mai degrabă datorită «flerului» savantului talentat, care, întocmai ca un bucătar iscusit, știe să gătească bucate mai gustoase decît ceilalți. Și acolo unde există intuiție trebuie să existe și legi. Sarcina științei este să descopere aceste legi, dar metoda de rezolvare a unor astfel de probleme complicate nu s-a găsit pînă în prezent. Fără îndoială că aceasta este una din problemele viitorului".

Crearea acestei teorii pe baza faptelor cunoscute și a celor ce vor mai fi descoperite nu numai că va face ca drumul întortocheat și lung al cercetărilor empirice din multe domenii ale aplicațiilor chimiei să fie mai drept, dar va face posibil și ceea ce astăzi se află dincolo de pragul previzibilului. Încă de pe acum sinteza organică permite chimiștilor „să dozeze" proprietățile materialului. Pe măsură însă ce știința va pătrunde cauzele primare ale capacității de reacție a substanței, pe măsură ce ea va da o explicație mai completă a însăși naturii legăturii chimice și va descifra enigma influenței unor substanțe asupra altora, aceasta va spori imens puterea omului asupra naturii.

În chimia viitorului e menită să aibă un rol de cinste o teorie finită și lipsită de contradicții a catalizei. Acest feno-

men, acoperit încă de un văl de mister, este înconjurat de o aureolă de romantism științific.

A fost foarte greu și părea chiar imposibil să se explice științific cum reușesc catalizatorii să distrugă inerția chimică, să dezlănțuie activitatea partenerilor reacției, în timp ce ei înșiși rămîn deoparte, fără să se modifice nici chimic, nici cantitativ. Aceste fapte au făcut chiar pe unii savanți renumiți să ajungă la reprezentări aproape mistice. Catalizatorilor li s-au atribuit proprietățile atotputernicei „pietre filozofale" născocite de alchimiști.

Evident că știința nu se putea mulțumi cu explicații date cu ajutorul inexplicabilului. De aceea chimiștii, împreună cu fizicienii, și-au pus ca scop să dezlege enigmele catalizei. A fost suficient de corect explicat mecanismul acțiunii catalizatorilor asupra mersului unor reacții. S-au formulat cîteva teorii ale catalizei. Dar, în cataliză, multe, foarte multe fenomene au rămas de neînțeles și în prezent.

Cu toate acestea, tocmai acest proces a permis chimiei să obțină mari înfăptuiri în slujba omenirii. Fără cataliză nu am fi avut nici acid sulfuric, nici acid azotic, nici amoniac, nici cauciuc sintetic, nici materiale plastice și nici mulți alți compuși de importanță primordială. Au fost perioade cînd cataliza a salvat țări întregi din situația grea provocată de război — lipsa materiei prime.

„Cu mici excepții — scrie S.Z. Roghinski, membru corespondent al Academiei de Științe a U.R.S.S. —, realizările cele mai importante ale chimiei în timpul războiului — atît cele tehnologice, cît și cele legate de materiile prime — sînt strîns legate de succesele catalizei industriale. Catalizatorii au constituit bagheta magică cu ajutorul căreia chimiștii din țările beligerante au ieșit din impasul lipsei de materii prime, înlocuind produșii de import prin noi substanțe artificiale și transformînd materia primă ieftină și care se găsește în cantități masive, în materiale prețioase... Cel de-al doilea război mondial a arătat că tinerețea furtunoasă, romantică a catalizei industriale nu s-a terminat și că ea mai are încă posibilități inepuizabile".

Se schimbă mereu, cu o viteză uimitoare, sortimentul de substanțe utilizate pentru accelerarea și reglarea reacțiilor. Platina și paladiul și-au pierdut poziția lor privilegiată în lumea catalizatorilor. Au fost promovate elemente mai „democratice": vanadiul, fierul, nichelul, compușii cromului, aluminiul. Dar pentru fiecare caz concret de reacție

trebuie căutat catalizatorul potrivit. Iar aici analogiile nu sînt valabile, substanțele similare din punct de vedere chimic nu se pot înlocui una cu alta în rolul prin excelență specific de catalizatori.

Dimpotrivă, compuși foarte depărtați între ei din punctul de vedere al tipului compoziției chimice se dovedesc foarte apropiați din punctul de vedere al acțiunii catalitice. Și aceasta îngreuiază și mai mult drumul spre generalizări, spre concluzii. Aproape fiecare element acționează „în secret" ca un catalizator. Dar a găsi în care reacție și cum anume acționează este tot una cu a găsi într-un oraș mare pe posesorul unui nasture pierdut în autobuz.

Mai devreme sau mai tîrziu, în cursul studiului acestei probleme științifice de cea mai mare importanță a științei contemporane a trebuit să se nască ideea „electronizării teoriei catalizei". Aceasta înseamnă că discutarea problemelor a trecut „la nivelul" rețelelor cristaline, a nucleelor atomice și a orbitelor electronice. Dar aici acționează cu succes fizicienii. Întîlnirea cu aceștia a deschis ochii chimiștilor asupra unei situații importante și interesante: o parte însemnată din corpurile solide și din amestecurile utilizate în cataliză — oxizii de fier, de vanadiu, de zinc, de cupru, de mangan, sulfurile de wolfram, de molibden, alumosilicații — sînt semiconductoare, lucru pe care, multă vreme, majoritatea chimiștilor nu-l bănuia.

„Electronizarea teoriei catalizei" merge cu pași repezi. Alianța dintre chimiști și fizicieni este forța în fața căreia nu rezistă nici o taină a naturii, chiar dacă este atît de bine cifrată ca fenomenul catalizei. Descoperirea și fundamentarea fenomenului catalizei în general vor produce o cotitură în întreaga industrie, importante consecințe în viața societății.

Ce însemnătate practică va avea o teorie închegată, lipsită de contradicții, a catalizei?

În primul rînd, conducîndu-se după această teorie, chimiștii vor putea alege catalizatorii pentru desfășurarea cea mai favorabilă a reacțiilor deja introduse în producție.

În prezent, în unele cazuri trebuie să recurgem la presiuni de sute și mii de atmosfere, la temperaturi de sute de grade pentru ca procesul să meargă în direcția dorită și să asigure productivitatea necesară. Cînd se vor găsi însă alți catalizatori, mai buni, aceleași reacții se vor desfășura în condiții

normale, fără instalații costisitoare și fără un mare consum de energie.

În general se va reuși, în sfîrșit, să se facă ceea ce din negura vremurilor știe să facă numai natura. După cum se știe, în organismul nostru nu se creează presiuni supraînalte, temperatura nu se ridică, de regulă, peste 36,6°C și totuși au loc reacții foarte complicate, care decurg destul de repede. Aceasta pentru că marele chimist, natura, a ales catalizatorii potriviți. Noi îi numim fermenți sau enzime.

Lucrul de căpetenie este că neîncetat se lărgește cercul transformărilor chimice accesibile. Se va găsi utilizare pentru substanțele de care astăzi nu știm cum să scăpăm. Va veni timpul cînd chimia va fi pe deplin stăpînă pe substanță. Oamenii vor uita pînă și cuvîntul „deșeu". Așa cum în natură există circuitul azotului, al apei, în „cea de-a doua natură" vor exista circuite ale substanțelor care vor fi prelucrate la infinit și niciodată nu vor fi aruncate. Oamenilor le vor fi accesibile toate izvoarele de materii prime. În fața lor își va dezvălui bogățiile sale oceanul. Cu ajutorul unor catalizatori anume aleși, specifici, chimiștii vor extrage toate elementele și toți compușii ce se găsesc în apa mărilor.

Sau poate că nici nu va fi nevoie de așa ceva. Stăpînind teoria structurii materiei, cunoscînd caracteristicile cantitative stricte ale diferitelor tipuri de reacții chimice, utilizînd legile catalizei, chemînd în ajutor și mărețele forțe ale bombardării nucleare, omul va reuși să creeze compuși chimici și chiar elemente. Chimiștii-fizicieni și fizico-chimiștii vor plămădi cu mînă sigură materia, construind ceea ce este greu de găsit sau este neavantajos de extras din adîncurile Pămîntului.

Ce fel de materiale se vor obține în urma acestor realizări ale științei, pe deplin reale și previzibile, este greu de spus. Chiar numai ceea ce s-a sintetizat pînă în prezent pune la grea încercare fantezia omenească. În orice caz, toate realizările uimitoare ale chimiei anorganice din zilele noastre nu reprezintă decît preistoria realizărilor viitorului.

Se vorbește despre condițiile privilegiate create pe Pămînt de către forțele naturii unui singur element — carbonul. Lumea înconjurătoare demonstrează prin toată măreția ei ce este capabilă chiar numai o singură „cărămidă" a universului cînd nimerește într-un mediu favorabil, în mediu roditor. Ea construiește. Construiește neobosit, cu abnegație, perfecționîndu-și măiestria, acumulînd experiență.

Dar „cărămizi" din acestea sînt mai bine de o sută. Printre ele sînt și unele foarte apropiate, ca structură și comportare, de carbon. Nimic nu împiedică să se admită ipotetic posibilitatea principială de a se crea condiții în care nu carbonul, ci un alt element oarecare și alte substanțe să devină privilegiate. Să presupunem că aceasta s-ar întîmpla cu siliciul, germaniul, staniul sau sulful... Sau cu aluminiul, borul, fluorul... Te apucă amețeala numai la gîndul că lumea neînsuflețită, lumea anorganicii, va căpăta viață. Poate că omul va realiza acest lucru nu pe Pămînt, ci pe alte planete. Este posibil că în felul acesta vor lua ființă chiar corpuri cerești. În sfîrșit, nu este exclus ca omul să descopere condițiile necesare pentru „însuflețirea" unuia sau altuia dintre reprezentanții tabelului lui Mendeleev, pășind pe o planetă îndepărtată necunoscută din univers, unde atmosfera, solul, plantele și animalele sînt diferite de cele de pe Pămînt.

Nu există limite pentru cutezanța omenească. Și chimia anorganică este un teren propice pentru această cutezanță.

HARTA LUMII ELEMENTELOR

Locuitorii acestei lumi sînt rînduiţi într-o ordine perfectă, pe perioade şi grupe, pe rînduri şi subgrupe. Şapte perioade, zece rînduri, nouă grupe.

În faţa noastră avem sistemul periodic al elementelor alcătuit de D.I. Mendeleev — harta măreţei lumi a elementelor. Chimia modernă este de neconceput fără tabelul elementelor, deoarece acesta este un bilanţ al acumulării cunoştinţelor şi un plan de viitor, o călăuză în acţiunea de zi cu zi şi o busolă care ne arată direcţia justă a dezvoltării chimiei. Dar poate fi comparat acest tabel cu o simplă hartă? Harta arată exact unde mergem, dar nu spune nimic, de exemplu, despre caracterul locuitorilor ţării. Sensul sistemului periodic nu poate fi redat în toată profunzimea lui prin nici o comparaţie. Dacă este o hartă, apoi este una „grăitoare". Ea este în acelaşi timp şi busolă şi călăuză.

Prima cunoştinţă cu harta

Aşa cum pe o hartă geografică găsim un mare număr de nume de descoperitori, şi în sistemul periodic denumirile elementelor au eternizat numele savanţilor renumiţi fără ale căror descoperiri nu se poate concepe progresul ştiinţei moderne. Aceştia sînt Pierre şi Marie Curie, Albert Einstein, Enrico Fermi, Dmitri Mendeleev. Numele marelui savant rus ocupă aici un loc deosebit în această serie de corifei ai ştiinţei. Numele său este purtat nu numai de elementul 101, dar şi de întregul sistem periodic, mulţumită căruia călătoria noastră în lumea elementelor nu va fi o călătorie în beznă. De aceasta putem fi convinşi: sistemul periodic nu ne înşală niciodată, căci este construit pe un funda-

ment solid. La baza sa se află o măreață lege a naturii, descoperită de Mendeleev — legea periodicității.

Dar ce diferență există oare între legea periodicității și sistemul periodic al lui Mendeleev? Aceeași diferență ca și între globul pămîntesc cu toată bogăția reliefului, florei și faunei, pe de o parte, și reflectarea tuturor acestora pe globul de carton, pe atlas sau hartă, pe de altă parte. Este clar că globul geografic de carton este un model foarte aproximativ al globului pămîntesc.

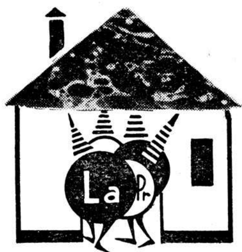
Sistemul periodic reflectă și el mai mult sau mai puțin fondul legii periodicității. El se poate modifica din punctul de vedere al formei. Elementele pot fi dispuse sub formă de evantai sau de spirală, de cercuri concentrice sau de „valuri", se pot concepe multe variante ale sistemului periodic, dar nu se poate modifica baza acestuia — legea periodicității.

Avem, așadar, în fața noastră sistemul periodic. În toată partea din stînga și în toată partea de jos sînt metalele; elementul cel mai din stînga din partea de jos — franciul — este „cel mai metalic", cel mai activ dintre toate. În partea dreaptă, în colțul cel mai de sus, se află fluorul — regele nemetalelor, iar domeniul acestora este partea din dreapta și de sus a tabelului. Se vede din capul locului că metalele predomină. În tabloul periodic există și elemente care au atît proprietățile metalelor, cît și pe cele ale nemetalelor. Acestea sînt dispuse la mijlocul tabelului.

O semnificație importantă are numărul grupei: acesta arată valența maximă posibilă a elementelor grupei respective. Cele mai ușoare metale, acelea care au densitatea cea mai mică, sînt litiul, sodiul și vecinii apropiați; cel mai greu metal — osmiul — este situat în unghiul opus al tabelei. Elementele cele mai asemănătoare între ele sînt dispuse într-o singură grupă și în special într-o singură subgrupă. De exemplu, elementele alcalino-pămîntoase, calciul, stronțiul, bariul și radiul, dispuse în aceeași subgrupă din grupa a doua a sistemului periodic, sînt așa de asemănătoare unul cu celălalt, încît oricare din ei poate fi caracterizat fără dificultate dacă cunoaștem proprietățile chimice ale vreunuia dintre aceste elemente și dacă știm să utilizăm legea periodicității.

Dar, evident, aceasta nu înseamnă că deprinderea de a folosi sistemul periodic ne scutește de studiul detaliat al





fiecărui element, deoarece fiecare are multe proprietăți caracteristice numai pentru el singur.

De altfel, nu totdeauna un element poate fi caracterizat cu ușurință cu ajutorul sistemului periodic.

Cum să determini proprietățile unui element dacă, de exemplu, hidrogenul ocupă în tabel două locuri (el poate fi plasat și în grupa metalelor alcaline și în grupa halogenilor) și, dimpotrivă, 14 elemente laolaltă — lantanidele — sînt înghesuite într-o singură căsuță a lantanului? Prin ce se explică forma neobișnuită a grupei a opta? Și, pe de altă parte, ce „miracol" permite chimiștilor să prevadă că va fi deosebit de greu de separat zirconiul de hafniu și niobiul de tantal?

La toate acestea și la multe alte întrebări nu se poate răspunde pînă ce nu se va fi lămurit pe ce anume se bazează ordinea așa de riguroasă din lumea elementelor, a cărei reflectare este sistemul periodic. Cu alte cuvinte, este necesar să știm care este cauza schimbării periodice a proprietăților elementelor. La această întrebare ne vom strădui să răspundem.

Nașterea unei mari legi a naturii

Să ne închipuim ce trebuie să fi simțit chimistul din prima jumătate a secolului al XIX-lea găsindu-se față în față cu o imensitate de fapte științifice. Este natural că înainte de toate a încercat să grupeze aceste fapte într-un sistem. În caz contrar, a lucra în domeniul chimiei ar fi

fost atît de dificil, încît ar fi semănat cu folosirea unui dicționar enorm în care cuvintele nu ar fi ordonate după alfabet, ci ar fi dispuse haotic.

Dacă răsfoim cărțile de chimie mai vechi, vedem că fiecare savant și-a construit un sistem după placul lui. Unuia i s-a părut corect să ia ca bază anumite proprietăți fizice ale elementelor (conductivitate termică, densitate, duritate). Alții au încercat să dispună elementele într-o serie continuă, călăuzindu-se după mărimea și semnul sarcinii observate cu prilejul experiențelor electrochimice. Și așa mai departe. Pe scurt, fiecare s-a străduit să găsească acea unică proprietate pe care să se poată sprijini pentru a pune în ordine bagajul de cunoștințe acumulate. Dar chimia nu s-a lăsat înghesuită în patul lui Procust al nenumăratelor sisteme artificiale, întrucît nici unul din acestea nu era în stare să cuprindă întreaga diversitate a relațiilor reciproce dintre elemente.

Mendeleev și-a pus sarcina de a găsi, în sfîrșit, acea proprietate a elementelor care să fie strîns legată de toate celelalte și, în același timp, să poată servi drept bază naturală a sistemului elementelor.

Ani de-a rîndul s-a străduit savantul să dezlege această problemă. În cele din urmă a ajuns la concluzia că proprietățile elementelor chimice trebuie să fie determinate de masa lor, de masa atomică. Dar cum? Cărei legi trebuie să i se supună această dependență? A spune, de exemplu, că volumul și presiunea gazelor sînt valori legate reciproc înseamnă a spune foarte puțin. Cu totul altceva este dacă spunem că sînt legate printr-o relație de proporționalitate inversă (conform legii Boyle-Mariotte). Este puțin să spunem că dependența există. Important este să găsim conform cărei legi sînt legate proprietățile chimice de greutatea atomică.

Mendeleev a grupat elementele în primul rînd în funcție de asemănarea chimică. Au rezultat 19 grupe. Unele din aceste grupe constau numai din 2 elemente, altele din 3 sau 4. În grupa elementelor alcaline se găseau 5 elemente.

Apoi grupele au fost dispuse una lîngă alta și în fiecare din ele elementele au fost așezate în ordinea creșterii greutăților atomice. Tabelul obținut nu era nou. Grupe de elemente care se aseamănă din punctul de vedere al proprietăților chimice erau cunoscute încă de mult. Acum sarcina consta în a găsi legătura dintre grupele care nu se aseamănă

între ele. Şi iată că, schimbînd de astă dată locurile unor grupe întregi, aşezîndu-le astfel ca să se afle unele lîngă altele elemente nesimilare, însă cu greutăţi atomice apropiate, Mendeleev a găsit ceea ce căuta. S-a obţinut tabelul pe care îl cunoaştem şi care îi poartă numele. Proprietăţile elementelor, dispuse în ordinea creşterii greutăţilor atomice, se repetă după anumite intervale, perioade.

„Proprietăţile... elementelor... sînt într-o dependenţă periodică (constituie o funcţie periodică, cum se spune în matematică) de greutăţile lor atomice", astfel a formulat Mendeleev această lege a naturii nou-descoperită. Drept zi de naştere a legii periodicităţii este considerată data de 1 martie 1869.

Totuşi s-ar putea pune întrebarea: oare nimeni înainte de Mendeleev nu a observat că există o dependenţă între greutatea atomică şi proprietăţile chimice? Tocmai că această dependenţă a fost observată, ba chiar de mai mulţi savanţi: Doebereiner în Germania, de Chancourtois în Franţa, Newlands în Anglia... Se cunosc peste 300 de încercări de creare a unei clasificări a elementelor chimice bazate pe acest principiu. Cel mai apropiat de scopul propus a fost savantul german Lothar Meyer. Aproape concomitent cu Mendeleev, el a alcătuit un tabel în general asemănător cu sistemul periodic. Ce-i drept însă, de publicat s-a hotărît să-l publice ceva mai tîrziu. Dar Meyer, în lucrările sale, a repetat greşeala savanţilor ale căror lucrări au precedat descoperirea legii periodicităţii. În legea găsită, Meyer nu a văzut o lege profundă a naturii, ci a considerat tabelul doar ca un material didactic comod şi nu s-a încumetat să deducă din el concluzii mai largi. A fost necesar geniul lui Mendeleev pentru a vedea în spatele acestei legităţi, încă insuficient de clare, o importantă lege a naturii, şi nu numai s-o vadă, dar s-o şi pună de îndată în slujba ştiinţei.

Să căutăm în tabel elementul beriliu, Be. Tocmai de acest metal este legată prima utilizare practică a legii periodicităţii, prima dificultate şi primul triumf.

Pînă în 1869 beriliul era considerat trivalent, şi pentru aceasta existau toate motivele. Într-adevăr, el este asemănător din punctul de vedere al proprietăţilor cu elementul aluminiu. Ca şi aluminiul, el nu reacţionează cu acidul azotic concentrat, dar se dizolvă uşor în alcalii, cu degajare de hidrogen. Hidroxidul de beriliu, ca şi hidroxidul de aluminiu, este amfoter (are atît proprietăţi acide, cît

și alcaline), și de aceea beriliului îi sînt caracteristice sărurile de tipul aluminaților — berilații etc.

Dar dacă beriliul este trivalent, masa sa atomică trebuie să fie 13,5, deoarece echivalentul său este 4,5 (greutatea atomică este egală cu echivalentul înmulțit cu valența). Tocmai de aici au început dificultățile. Avînd o asemenea greutate atomică, beriliul „n-a vrut" să se încadreze în sistemul periodic.

Plasat între carbon și azot (așa cum cerea greutatea atomică), beriliul a dărîmat dintr-o dată variația legică a proprietăților elementelor, fiind prin aceasta în contradicție cu legea periodicității.

Mendeleev nu s-a mirat. El era convins că legitatea descoperită nu poate fi expresia întîmplării. Fusese descoperită o lege a naturii și, prin urmare, faptele trebuiau neapărat s-o confirme. În ceea ce privește beriliul, Mendeleev era convins că greutatea atomică a acestui element fusese determinată incorect.

Într-o lucrare pe jumătate uitată a chimistului rus Avdeev, Mendeleev găsește o indicație asupra faptului că oxidul de gliciniu (așa era denumit înainte beriliul) se aseamănă din punctul de vedere al proprietăților cu oxidul de magneziu.

Bazîndu-se pe acest fapt, Mendeleev atribuie oxidului de beriliu formula BeO și îl introduce în grupa a doua, împreună cu elementele alcalino-pămîntoase, bivalente, corectînd în mod corespunzător greutatea sa atomică. El obține greutatea atomică 9 ($4,5 \times 2 = 9$).

Mulți savanți erau împotriva unei astfel de modificări „arbitrare" a unei valori determinate de mai multe ori. Au trecut însă cîțiva ani și principalul adversar al lui Mendeleev, Nilson, a adus o dovadă de necontestat că greutatea atomică a beriliului este într-adevăr 9 (aproximativ).

Așa a început precizarea proprietăților elementelor pe baza legii periodicității.

După modificarea greutății atomice a beriliului, Mendeleev corectează greutățile atomice ale uraniului, toriului, indiului, ytriului, lantanului, ceriului, erbiului și didimului (ulterior s-a dovedit că reprezintă un amestec de praseodim și neodim).

Perfecționîndu-și continuu sistemul, Mendeleev dă tabelului, încă în 1871, o formă apropiată de cea modernă. În același an apare un articol al lui Mendeleev în care acesta descrie în modul cel mai amănunțit proprietățile a trei ele-

mente încă nedescrise. El le-a denumit ekasiliciu (adică „similar siliciului"), ekabor și ekaaluminiu.

Cînd L. Meyer a citit acest articol, a exclamat: „Das ist schon zu viel!" (E prea de tot!) „Legea periodicității este prea puțin clară și insuficient dovedită pentru ca eu să mă fi putut hotărî la ceva similar".

Au trecut patru ani. Și iată că în 1875 a sosit din Franța știrea că tînărul savant spectroscopist Lecoq de Boisbaudran a descoperit noul element în care întreaga lume a văzut deodată ekaaluminiul prezis de Mendeleev. „Noului-născut" i s-a dat denumirea de galiu. Toate proprietățile galiului au corespuns exact cu proprietățile ekaaluminiului. Dar nu numai atît.

Greutatea specifică găsită a galiului era egală cu 4,7, în timp ce valoarea prezisă era de 5,9. Dar Mendeleev își susține punctul de vedere și roagă să se repete experiențele. Întreaga lume științifică urmărește această nemaipomenită dispută. De Boisbaudran repetă experiențele și comunică: dreptate a avut savantul rus, care nu văzuse niciodată galiul.

Și previziunile au continuat să se împlinească. În 1879 chimistul suedez L. Nilson a descoperit scandiul (ekaborul). Iar în 1886 chimistul german Cl. Winkler obține ekasiliciul (germaniul).

Iată cum descrie colaboratorul lui Mendeleev, cunoscutul chimist rus V.E. Tișcenko, momentul în care știrea despre această descoperire a ajuns la Petersburg:

„Într-o dimineață, Dmitri Ivanovici sosește la noi în laboratorul lui Butlerov cu noul număr din «Berichte»[1] în mîini, emoționat, bucuros, și ne spune: «Clement Winkler a descoperit un nou element, germaniul, și îl introduce în grupa a cincea, deoarece formează sulfosare. Dar lucrurile nu stau așa, Winkler greșește: locul germaniului este în grupa a patra și nu în grupa a cincea, — este tocmai ekasiliciul. Îi scriu îndată»". Și Winkler și-a recunoscut greșeala.

Atunci, despre Mendeleev a început să vorbească lumea întreagă. Nimeni nu mai cuteza acum să se îndoiască de justețea legii periodicității, și Mendeleev îi dă formularea finală: „Proprietățile corpurilor simple, ca și forma și proprietățile compușilor elementelor, se află într-o dependență periodică de valorile greutăților atomice ale elementelor".

---

[1] „Berichte der deutschen Chemischen Gesellschaft" (Dările de seamă ale Societății de chimie germane).

„Stîncile submarine" ale sistemului periodic

În 1894 savanţii englezi Rayleigh şi Ramsay au descoperit un element nou cu proprietăţi atît de neobişnuite, încît chimiştii la început au refuzat chiar să-l recunoască. Era un gaz lipsit de orice afinitate chimică. Noul element a fost denumit argon („inactiv", „leneş").

Adversarii legii periodicităţii (iar aceştia erau destul de numeroşi, şi printre ei se număra marele chimist Ostwald) au ridicat capul. Şi, s-ar putea spune, nu fără motiv. Legea periodicităţii nu dădea posibilitatea să se prevadă existenţa unor elemente cu proprietăţi aşa de neobişnuite. Argonului nu i se găsea un loc în sistemul periodic. Însuşi Mendeleev era înclinat să creadă că argonul este o stare alotropă a azotului N_3 (aşa cum ozonul O_3 este o stare alotropă a oxigenului O_2). Dar această situaţie s-a complicat şi mai mult cînd, după un an, s-a descoperit cel de-al doilea gaz inert — heliul.

O dată cu descoperirea heliului era greu să se mai pună la îndoială că există totuşi în natură elemente aşa de neobişnuite. Trebuia ca noile elemente să fie admise şi, prin aceasta, să se renunţe la legea periodicităţii, deoarece venea în contrazicere cu faptele.

Dar oare aşa să stea lucrurile? Oare cu adevărat legea periodicităţii era incompatibilă cu existenţa gazelor inerte?

Problema a fost rezolvată de Ramsay, şi tocmai pe baza legii periodicităţii.

În ceea ce-l privea, Ramsay — a cărui descoperire zdruncinase încrederea în legea periodicităţii — nu se îndoise nici o clipă de justeţea acesteia. Mai mult decît atît, Ramsay a declarat: „Între heliu şi argon trebuie să existe elementul cu greutatea atomică 20, inactiv ca şi aceste două gaze: noul element trebuie să aibă un spectru caracteristic şi să se lichefieze mai greu decît argonul. Se poate de asemenea presupune existenţa a două elemente gazoase analoge, cu numerele atomice 82 şi 129".

Şi cînd, după scurt timp, gazele prezise au fost descoperite (criptonul, neonul şi xenonul), s-a văzut că ele îşi au locul lor în sistem. Ramsay i-a propus lui Mendeleev să constituie din elementele nou-descoperite o grupă aparte. Mendeleev a fost îndată de acord, deoarece aceasta nu numai că nu contrazicea legea periodicităţii, ci, dimpotrivă,

reprezenta o perfecţionare logică a sistemului şi o confirmare a justeţii acestei legi.

S-ar fi părut că pentru legea periodicităţii zilele marilor zguduiri trecuseră irevocabil. Rămînea numai să se aştepte descoperirea de noi elemente, a căror apariţie era puţin probabil că ar fi putut atinge soliditatea sistemului periodic şi fundamentul legii periodicităţii.

Şi, într-adevăr, descoperirile nu s-au lăsat mult aşteptate, dar... lucru ciudat! „Veneticii“ nu voiau să ocupe locurile libere, încă destul de numeroase în tabel, ci ridicau pretenţii asupra celor deja ocupate, deoarece, din punctul de vedere al proprietăţilor, noile elemente descoperite semănau ca două picături de apă cu elementele pămînturilor rare deja cunoscute: lantanul, ytriul, ceriul, erbiul.

De problema pămînturilor rare Mendeleev se izbise încă din 1869, cînd dăduse prima variantă a sistemului periodic. În acea vreme chimiştii nu puneau la îndoială faptul că lantanul, ceriul, ytriul, erbiul şi didimul sînt metale bivalente; în plus, greutăţile lor atomice erau subevaluate. Mendeleev, pe deplin încrezător în justeţea legii periodicităţii, propusese trivalenţa ytriului, lantanului şi erbiului şi le introdusese în grupa a treia, modificînd în mod corespunzător greutăţile lor atomice. Ceriul fusese introdus în grupa a patra, întrucît în unele combinaţii funcţionează ca tetravalent. Elementul didim fusese introdus în grupa a cincea; puţin convins de legitatea acestei încadrări, Mendeleev a pus o serie de semne de întrebare. În felul acesta şi-au găsit locul în sistem cele cinci elemente şi multă vreme nu au fost obiecţii.

Ulterior însă numărul elementelor pămînturilor rare începu să crească foarte mult. Din diferite ţări începură să vină ştiri asupra descoperirii de noi şi noi elemente din grupa pămînturilor rare. Nici nu putea fi vorba să fie introduse în sistemul periodic: în perioada dintre anii 1879—1906 numărul elementelor descoperite din această grupă ajunsese cam la o sută! Ce-i drept, mai tîrziu s-a dovedit că majoritatea acestor descoperiri era iluzorie. Totuşi, încă din 1906 savanţii stabiliseră cu certitudine că 13 elemente din grupa pămînturilor rare există cu adevărat. Existenţa lor fusese confirmată prin repetate şi minuţioase cercetări, a căror obiectivitate nu putea fi pusă la îndoială. Nimeni nu putea să precizeze cu certitudine cîte astfel de elemente „gemene“ trebuie să existe şi cum să li se găsească

loc în sistemul periodic. Şi deoarece legea periodicităţii nu putea da răspuns la aceste probleme, din nou au apărut îndoieli asupra justeţii ei.

Mendeleev aştepta rezolvarea acestei enigme de la prietenul său, savantul ceh Bohuslav Brauner, care încă de mult lucra în această direcţie.

Brauner făcea parte dintre acei savanţi care crezuseră încă de la început şi pînă la capăt în legea periodicităţii. El şi-a dedicat întreaga viaţă chimiei pămînturilor rare şi de aceea nu este de mirare că tocmai acest savant s-a apropiat cel mai mult de rezolvarea enigmei elementelor pămînturilor rare atunci cînd a propus gruparea acestora într-o căsuţă specială, mai mare, a sistemului periodic. Dar aceasta era numai o ipoteză neconfirmată prin date experimentale. Criza continua şi chiar s-a adîncit după ce la lista problemelor încă nerezolvate ale legii periodicităţii s-a adăugat enigma elementelor radioactive.

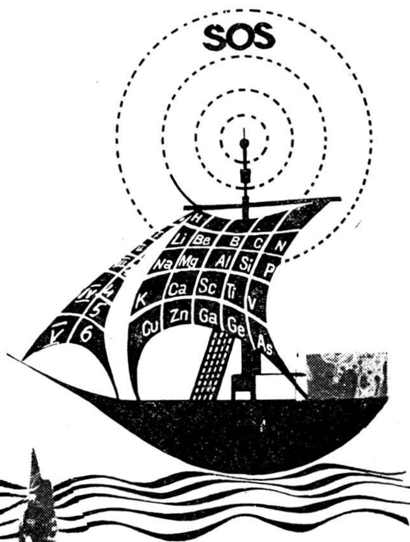
A fost o vreme în care fenomenul de neînţeles — radioactivitatea — părea un nouraş uşor care doar întuneca puţin cerul chimiei şi fizicii. Dar timpul trecea şi nouraşul s-a transformat într-un nor negru de furtună, care a acoperit tot cerul. Şi numai atunci s-a văzut că omenirea fusese pusă în faţa uneia din cele mai ascunse taine ale naturii. Dezlegarea acestei taine avea să înlăture toate concepţiile anterioare asupra structurii substanţei. În ce consta noua enigmă?

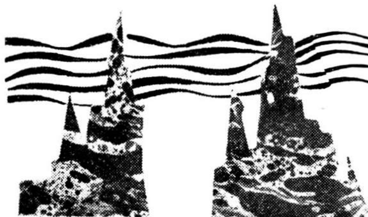
Fenomenul radioactivităţii a fost descoperit în 1896, cînd s-a observat că uraniul, cel mai greu dintre toate elementele cunoscute în acea vreme, are proprietatea miraculoasă de a emite radiaţii invizibile, speciale. Ceva mai tîrziu s-a constatat că exact aceleaşi proprietăţi prezintă un element nou-descoperit, actiniul, şi un element cunoscut mai dinainte, toriul. Apoi, în 1898, dintr-un minereu de uraniu au fost izolate două elemente a căror radioactivitate era de multe ori mai puternică decît a uraniului. Acestea erau radiul şi poloniul. Totuşi, ulterior, numărul elementelor radioactive a crescut atît de mult, încît unele dintre acestea au început să fie denumite prin simpla adăugare a unei litere la denumirea elementului din care fuseseră obţinute. De exemplu, radiu A, toriu B, uraniu Z, actiniu X etc.

Numărul elementelor radioactive nou-descoperite continua să crească, dar, ca şi în cazul elementelor pămînturilor rare, nici lor nu li se găsea loc în sistemul periodic. Afară

de aceasta s-a văzut că multe dintre ele sînt perfect analoge din punctul de vedere al proprietăților lor chimice cu elementele deja cunoscute. Astfel elementul uraniu X_1 (UX_1), ioniul, radiotoriul, uraniul Y (UY) și radioactiniul au aceleași proprietăți ca și toriul. Prin urmare, toate acestea aveau dreptul de a se găsi în aceeași căsuță a sistemului periodic. Mezotoriul 1 ($MsTh_1$), toriul X (ThX) și actiniul X (AcX) se aseamănă cu radiul. Și dacă, în cazul elementelor pămînturilor rare, era posibilă separarea lor pe cale chimică, în cazul, de exemplu, al toriului X și radiului sau al toriului și ioniului, separarea este imposibilă.

În căsuțele sistemului periodic începea să fie lipsă de spațiu. Să admitem că introducerea lor în aceeași căsuță este posibilă, dar cum rămîne cu greutățile atomice? Rezultă că trebuie să ne împăcăm cu faptul că unele elemente cu greutăți atomice diferite intră în aceeași căsuță, iar cele cu greutăți atomice identice în căsuțe diferite. Nu este oare aceasta o dezmințire a legii periodicității?





PĂMÎNTURI RARE RADIOACTIVITATE

S-a amintit cu această ocazie neconcordanța dintre greutățile atomice și poziția în sistemul periodic a unor astfel de elemente ca potasiul (K) și argonul (Ar); nichelul (Ni) și cobaltul (Co); iodul (J) și telurul (Te). Băgați de seamă: elementele mai grele Ar, Co și Te precedă respectiv elementele mai ușoare K, Ni și J, cînd ar trebui să fie invers. Și dacă mai înainte s-ar fi putut crede că greutățile atomice ale acestor elemente fuseseră determinate inexact, acum nici nu putea fi vorba de așa ceva. În jurul anului 1906 se stabilește cu precizie, prin numeroase cercetări, că elementul K este mai ușor decît Ar, Ni mai ușor decît Co și J decît Te.

Din nou s-a ridicat problema: este justă legea periodicității? Și, dacă da, atunci ce anume se află la baza variației periodice a proprietăților elementelor?

Era clar un lucru: greutatea atomică nu mai putea servi drept fundament științific riguros al sistemului periodic. Și tocmai atunci cînd se părea că legea periodicității se împotmolise în contradicții de nerezolvat, a urmat un șir de descoperiri strălucite care nu numai că i-au confirmat justețea, dar au făcut și infinit mai mult: au dezvăluit adevărata cauză a periodicității, a repetării proprietăților chimice ale elementelor. Dar aceasta nu s-a întîmplat dintr-o dată. Au fost necesari mulți ani de cercetări, a fost nevoie de efortul multor savanți din lumea întreagă.

Lanțul marilor descoperiri

În 1910 savantul englez Soddy a ajuns la concluzia că elementele radioactive, care se deosebesc unul de celălalt din punctul de vedere al proprietăților fizice, dar sînt perfect asemănătoare din punctul de vedere al celor chimice, reprezintă specii ale aceluiași element. Soddy a denumit aceste specii *izotopi* (*izo* „identic“, *topos* „loc“). Iar cînd s-a constatat că fenomenul de izotopie este caracteristic nu numai pentru elementele radioactive, ci este general pentru majoritatea elementelor sistemului periodic, s-au clarificat multe lucruri.

Înainte de toate s-a clarificat de ce greutatea atomică a elementelor se exprimă, de regulă, nu printr-un număr întreg, ci printr-un număr fracționar. În aceste cazuri, greutatea atomică a elementului este media greutăților atomice a izotopilor care compun elementul, și aceasta înseamnă că este perfect plauzibil ca greutatea atomică medie a elementului precedent să fie mai mare decît a celui care urmează. Acesta a fost cazul iodului și telurului, al potasiului și argonului, al cobaltului și nichelului.

„Precedentul“, „următorul“. La drept vorbind, ce drept avem acum să utilizăm aceste cuvinte? Doar de-abia am aflat că greutatea atomică (și doar noi am dispus elementele în ordinea creșterii greutăților atomice, vă amintiți!) devine un criteriu lipsit de temei în rezolvarea problemei care element este „precedentul“ și care este „următorul“.

Atunci ce să luăm ca bază pentru utilizarea sistemului periodic? Nu cumva numărul de ordine al elementului?

Faptele au dovedit că tocmai numărul de ordine!

Am ajuns acum la acele descoperiri prin care fizica a ajutat la descifrarea uneia din cele mai mari taine ale lumii elementelor: cauza periodicității proprietăților lor.

Curînd după descoperirea fenomenului radioactivității, savanții au stabilit că radiațiile radioactive nu sînt omogene. Ele constă din trei tipuri diferite de radiații, care au fost denumite raze alfa (α), raze beta (β) și raze gama (γ). Pe noi ne interesează acum numai razele alfa, deoarece tocmai lor le aparține rolul hotărîtor în istoria interesantă despre care vom vorbi.

Razele alfa reprezintă un fascicul de particule încărcate pozitiv. În 1912 renumitul fizician englez E. Rutherford, studiind proprietățile lor, a observat un fenomen curios. Dacă se dirijează un fascicul de raze asupra unei foițe metalice subțiri, de exemplu de aluminiu sau cupru, și se urmărește comportarea particulelor alfa cu ajutorul luminescenței unui ecran din sulfură de zinc, se poate observa că la trecerea prin foiță acestea își modifică direcția de mișcare. Ba unele particule sînt chiar aruncate înapoi. Căutînd să găsească ce forță acționează asupra particulelor, Rutherford a ajuns la concluzia următoare:

Probabil că atomul elementului chimic este astfel alcătuit, încît în centrul său se află un nucleu încărcat pozitiv, în care este concentrată aproape întreaga sa masă atomică,

iar în jurul său, ca planetele în jurul Soarelui, se mişcă electronii, încărcaţi negativ. Întrucît atomul în totalitatea lui este din punct de vedere electric neutru, numărul sarcinilor negative (numărul electronilor) trebuie să fie numeric egal cu sarcina nucleului. Pentru particulele alfa, un astfel de atom trebuie să fie perfect „transparent“ şi numai nucleul încărcat pozitiv trebuie să influenţeze asupra particulei alfa care trece pe lîngă el. În anumite cazuri, foarte rare, cînd particula alfa cade direct pe nucleu, ea este refulată (sarcinile de acelaşi fel se resping după legea lui Coulomb).

Pe baza acestei ipoteze, Rutherford a calculat teoretic valoarea devierii particulei alfa în funcţie de sarcina nucleului atomic. Dar dacă formula dedusă de el este adevărată, atunci devine posibilă şi rezolvarea problemei inverse: cunoscînd devierea se poate calcula sarcina nucleului.

Pentru verificarea acestei formule au întreprins cercetări savanţii Geiger şi Marsden. Aceştia au stabilit pe cale experimentală că formula este corectă şi, utilizînd-o, au calculat sarcinile nucleelor atomilor de cupru, argint şi platină. Aceste sarcini s-au dovedit egale respectiv cu 29, 47 şi 78 de unităţi elementare de sarcină.

Şi acum, priviţi sistemul lui Mendeleev şi observaţi numerele de ordine ale cuprului, argintului şi platinei. Aceleaşi numere: 29, 47 şi 78. Concordanţa este deplină.

Evident, nu poate fi vorba de ceva întîmplător. Savantul danez Niels Bohr, pe baza unei sugestii făcute de cercetătorul olandez Van den Broek, a emis ipoteza următoare: mărimea sarcinii nucleului atomic al fiecărui element chimic, măsurată în unităţi elementare de sarcină, este egală cu numărul atomic, adică cu numărul de ordine al elementului în sistemul lui Mendeleev. În sfîrşit, s-a găsit adevăratul fundament al legii periodicităţii. Nu greutatea atomică, ci sarcina nucleului — iată criteriul care trebuie să indice locul elementului în sistemul periodic.

Pentru ca această concluzie să devină un adevăr de necontestat, rămînea să se determine sarcinile nucleelor atomice ale elementelor cunoscute. Ipoteza trebuia transformată în teorie.

Această misiune a fost încredinţată de către Rutherford tînărului său colaborator H. Moseley, care s-a achitat de ea cu cinste. Scurta viaţă a talentatului savant (după un an Moseley a murit) a fost încununată cu o descoperire deosebit de importantă.

Dacă în drumul electronilor care se deplasează într-o anumită direcție se pune o placă dintr-un metal oarecare (denumită „anticatod"), apare o radiație Röntgen în spectrul căreia, printre multe alte linii, se vor găsi și liniile caracteristice numai pentru substanța anticatodului. Acestea sînt așa-numitele „linii caracteristice". Și Moseley a început studiul sistematic al acestor linii caracteristice, utilizînd anticatozi confecționați succesiv, din cele mai multe elemente.

De la aceste experiențe se aștepta foarte mult. Dacă modelul atomic „planetar" al lui Rutherford era adevărat, trebuia ca, o dată cu trecerea de la un element la altul, să se modifice și lungimea de undă a radiației Röntgen caracteristice. Și, într-adevăr, cunoscînd această lungime de undă, se poate determina numărul de ordine al elementului în sistemul lui Mendeleev!

Oricît de îndrăznețe ar fi fost presupunerile, rezultatele au depășit chiar cele mai îndrăznețe așteptări. Legitatea găsită, atît de pregnant exprimată, dependența dintre lungimea de undă și numărul de ordine al elementului s-a manifestat cu atîta claritate, încît nu mai încăpea nici o îndoială: se obținuse metoda cea mai de nădejde de determinare a locului elementului în sistemul lui Mendeleev.

Și dintr-o dată începu să se împrăștie ceața care mulți ani acoperise taina elementelor pămînturilor rare.

Înainte de toate s-a clarificat care dintre elementele pămînturilor rare există în mod real în natură și care sînt doar rodul fanteziei sau rezultatul unor erori experimentale. Numai 13 astfel de elemente au obținut „dreptul de cetățenie". În afară de aceasta, Moseley a anunțat cu fermitate că în mîinile cercetătorilor nu există elementele 61 și 72 și că, prin urmare, acestea trebuie să fie căutate!

Dar unde să fie căutate? În ceea ce privește elementul 61, nu trebuia să ne așteptăm la dificultăți deosebite. Acesta avea să fie cel de al 14-lea lantanid. Fizicianul danez J. Thomsen prezisese încă din 1895, și B. Brauner din 1902, că între neodim și samariu trebuie să se găsească un element încă necunoscut al pămînturilor rare. Aceasta înseamnă că trebuie să fie căutat în aceleași minerale în care s-au găsit neodimul și samariul[1].

---

[1] În afară de aceasta, Moseley a rezolvat, în sfîrșit, vechea dispută asupra locului în sistem al K și Ar, Co și Ni, J și Te, stabilind cu precizie numerele de ordine ale acestor elemente: Ar-18, K-19, Co-27, Ni-28, Te-52 și J-53.

Dar unde să fie căutat elementul 72?

Luteţiul, nr. 71, este un element tipic al pămînturilor rare, pe cînd nr. 73, tantalul, nu mai este un astfel de element. Dar cu ce element se termină grupa lantanidelor? Cu luteţiul sau cu elementul necunoscut, elementul 72?

Răspunsul la această întrebare l-a dat renumitul savant danez, fizicianul Niels Bohr. Teoria elaborată de el a făcut epocă în studiul structurii materiei.

Bohr a început aducînd o corecţie neînsemnată în aparenţă modelului planetar al atomului lui Rutherford. El a presupus că electronii se rotesc nu pe orice orbită, ci pe orbite strict determinate, iar pe fiecare orbită se pot afla numai un număr strict determinat de electroni. Electronul poate să sară de pe o orbită pe alta, dar în acest caz el emite sau absoarbe o anumită porţiune determinată (cuantă) de energie. De aceea spectrul atomului excitat, fotografiat cu ajutorul unui aparat special — spectroscopul —, nu este continuu, ci este un spectru de benzi.

Dînd explicaţia acestor spectre cu ajutorul teoriei sale, Bohr a ajuns la concluzia că pe prima orbită începînd de la nucleu se pot găsi numai 2 electroni, pe a doua 8, pe a treia 18, pe a patra 32, pe a cincea 50 etc., în general $2n^2$ electroni, unde n este numărul de ordine al orbitei (în fizică numărul n poartă denumirea de „număr cuantic principal").

Acum să vedem cîte elemente există în fiecare perioadă a sistemului lui Mendeleev. În prima perioadă, 2 elemente (hidrogenul şi heliul), în a doua şi a treia 8, în a patra şi a cincea 18, în a şasea 32. Am obţinut aceeaşi serie de cifre. Este evident că nici acest lucru nu este întîmplător. Numărul elementelor dintr-o perioadă reflectă succesiunea completării orbitelor electronice.

Să vedem cum va avea loc, în lumina teoriei lui Bohr, completarea primei orbite în cazul elementelor primei perioade a sistemului periodic. Întrucît pe această orbită se pot găsi numai 2 electroni, numărul elementelor din prima perioadă nu poate fi decît de două. În a doua perioadă ($n = 2$, are loc completarea celei de-a doua orbite) pot fi 8 electroni. Aşa şi este în realitate. Ultimul element al celei de-a doua perioade, neonul, are numărul de ordine 10, şi aceasta înseamnă că numărul electronilor este de 10 (2 pe prima orbită şi 8 pe cea de-a doua). Mai departe, în cea de-a treia perioadă ar trebui să fie deja 18 electroni, dar

nu sînt decît 8; pe cea de-a treia orbită, în loc de 18 electroni posibili, s-au plasat numai 8 electroni, deoarece structurile de 8 sau de 2 electroni au cea mai mare stabilitate. Cea de-a treia orbită se completează la numărul maxim posibil de electroni (18) numai în perioada a patra. Acest fenomen de completare a orbitelor „cu întîrziere" se va repeta și mai departe, și în toate cazurile aceasta se va realiza numai „sub protecția" orbitei exterioare, care niciodată nu are mai mult de 8 electroni.

Ne-a rămas să examinăm perioada a cincea și a șasea (perioada a șaptea nu este terminată). Așezarea electronilor pe orbitele gazelor inerte, care termină aceste perioade, este următoarea:

Xenon: 2, 8, 18, 18, 8

Radon: 2, 8, 18, 32, 18, 8.

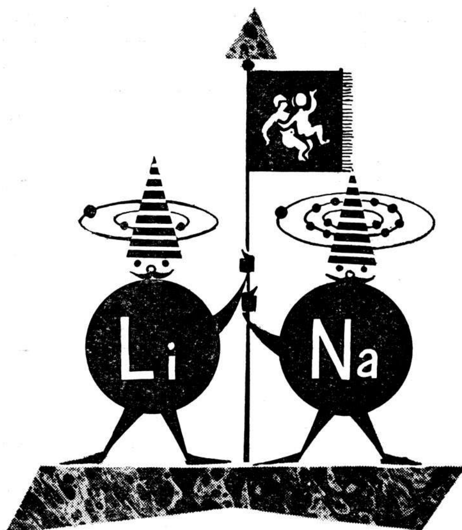
În perioada a șasea, electronii parcă și-ar „aminti" că pe orbita a patra sînt 14 locuri „vacante" și încep să le completeze unul cîte unul. Așa s-a format familia lantanidelor — 14 electroni, 14 elemente. Deci aceasta înseamnă că elementul 71 — lutețiul — este ultimul element al pămînturilor rare, iar elementul 72, necunoscut, trebuie să fie analog cu zirconiul și titanul, situate în grupa vecină, a patra. De aceea trebuie să căutăm acest element în minereurile de zirconiu și titan și nu printre elementele pămînturilor rare.

În 1923 Coster și Hevesy au observat elementul 72. Acesta s-a găsit în minereul de zirconiu din Norvegia și a fost denumit hafniu. Teoria lui Bohr s-a confirmat în mod strălucit. Ceața care „acoperea" legea periodicității s-a împrăștiat, cauza variațiilor periodice a devenit evidentă.

Să studiem mai amănunțit harta

Să revenim acum la sistemul periodic, dar de astă dată înarmați cu o teorie verificată în practică.

De astă dată obiectul investigației noastre va fi legătura dintre proprietățile chimice ale elementelor și structura atomilor acestora. În prima perioadă se află două elemente — hidrogenul și heliul. În cazul primului element — hidro-



genul — sarcina nucleului este egală cu unu, iar pe unica orbită există un singur electron. La heliu apare încă un electron, și cu acesta se termină perioada.

În cazul primului element din perioada a doua — litiul — numărul de ordine este trei și cei trei electroni ai săi sînt dispuși pe două orbite: doi pe prima și unu pe cea de-a doua. Beriliul are patru electroni. Întrucît prima orbită este completată, cel de-al patrulea electron se situează pe orbita a doua. Borul va avea pe cea de-a doua orbită trei electroni, carbonul patru, azotul cinci și tot așa pînă la neon, în care cea de-a doua orbită este completată cu opt electroni. De aceea noul electron, care apare în cazul elementului următor după neon — sodiul —, trebuie să se situeze pe cea de-a treia orbită.

Cu sodiul începe o nouă perioadă. Și în aceasta se repetă tabloul de mai sus. Magneziul, care se aseamănă cu beriliul din punct de vedere chimic, va avea tot doi electroni pe orbita periferică. În cazul analogilor bor și aluminiu, carbon și siliciu, azot și fosfor, oxigen și sulf, fluor și clor, pe orbita periferică se află același număr de electroni (de exemplu, în cazul fluorului și clorului, numărul este șapte). Și iată

că se conturează cauza care face să se repete proprietățile elementelor chimice: structura orbitelor electronice exterioare.

Astfel, în cazul metalelor alcaline litiu, natriu, potasiu, rubidiu, cesiu și franciu, pe orbita periferică se află cîte un electron, iar prin reacția chimică atomii lor pot „să opereze" numai cu un singur electron, și anume să-l cedeze, tinzînd să aibă o orbită electronică tot așa de stabilă ca și a gazelor inerte.

În grupa a doua intră elementele alcalino-pămîntoase. În cazul acestor elemente, cei doi electroni periferici pot fi cedați; apare astfel valența 2+ (adică două sarcini pozitive sînt necompensate) etc. În general se constată că numărul grupei sistemului periodic indică valența posibilă superioară a elementelor din acea grupă. Astfel elementele grupei a șaptea pot avea valența 7+.

Dar de ce să vorbim tot timpul numai de cedarea de electroni? Căci elementele capătă o structură tot așa de stabilă, asemănătoare aceleia a gazelor inerte, și dacă captează electroni spre a-și completa orbita periferică pînă la opt electroni. Această „captare" se realizează însă numai acolo unde acest lucru este „avantajos". Evident că magneziul, de exemplu, cedează cu mai multă ușurință doi electroni decît să capteze șase, iar clorul, care are șapte electroni pe orbita periferică, captează mai ușor un electron, formînd o orbită „completă".

Din aceeași cauză atomului de azot care se află aproape de mijloc îi este „indiferent" dacă primește sau cedează electroni.

În felul acesta am căpătat explicația deosebirii dintre metale și nemetale din punctul de vedere al structurii atomului.

Metalele pot numai să cedeze electronii lor de valență, iar nemetalele, de regulă, să-i capteze. Din cele spuse ar reieși că numărul metalelor și nemetalelor ar trebui să fie cam egal. Dar nici pomeneală! Se constată că în sistemul periodic sînt foarte puține nemetale. Acestea ocupă numai cîteva căsuțe în partea dreaptă, în colțul de sus al sistemului, pe cînd celelalte conțin elemente metalice tipice.

Totul este favorabil atîta timp cît rămînem în limitele primelor trei perioade ale tabelului lui Mendeleev. Dar iată că începe completarea celei de-a patra perioade. Potasiul are un electron pe orbita periferică, a patra, calciul doi,

scandiul tot doi. Titanul și vanadiul, din nou cîte doi. Ce s-a întîmplat? De ce, de îndată ce pe orbita a patra sînt doi electroni, completarea în continuare a orbitei acesteia încetează, iar fiecare electron nou se situează pe o orbită internă, orbita a treia? Și de ce începe să se completeze cea de-a treia orbită cu atîta întîrziere cu numărul maxim posibil pentru ea de electroni?

Probabil că intervine repulsia reciprocă puternică a electronilor, care au aceeași sarcină. Și aceștia au început să formeze o orbită nouă mai departe de nucleu, în loc de a completa pe cea anterioară. Dar iată că pe noua orbită s-a obținut o configurație extrem de stabilă, alcătuită din doi electroni. Această orbită este așa de stabilă, încît din punct de vedere energetic este mai favorabil ca noii electroni care apar să completeze orbita interioară — a treia — cu atît mai mult cu cît o astfel de „construcție“ este favorizată de sarcina pozitivă crescută a nucleului atomic.

De altfel electronii orbitei periferice nu-i ignorează complet pe venetici. Titanul, de exemplu, cu toate că pe orbita sa periferică se află numai doi electroni, are în reacțiile chimice valența 4+ (așa cum indică numărul grupei). Pe cei doi electroni care îi lipsesc îi ia „cu împrumut“ de la orbita a treia. Vanadiul, situat în grupa a cincea, trebuie să ia „cu împrumut“ trei electroni etc. Un tablou similar se observă în toate cazurile șirurilor pare. Toate elementele șirurilor pare conțin cîte doi electroni pe orbita periferică; după cum se vede, tocmai aceasta le dă caracterul metalic.

Dar ce se va întîmpla după ce orbita interioară se va fi completat? În cea de-a patra perioadă, aceasta se întîmplă în cazul cuprului și zincului. Metalul care urmează după zinc — galiul — are pe orbita periferică trei electroni, germaniul, patru. Cît despre elementele dispuse după germaniu — arsenul, seleniul și bromul — ele sînt nemetale tipice; cu alte cuvinte, apare aceeași variație legică a proprietăților lor ca și în cazul perioadelor anterioare (mai mici). Așa s-a format prima perioadă mare. Ulterior, la completarea perioadelor mari următoare, tabloul se va repeta. Cu singura diferență că în perioada a șasea, după ce, în cazul bariului, apar doi electroni pe orbita periferică, completarea ulterioară are loc în felul următor. În cazul lantanului, un electron — al nouălea — se situează pe orbita precedentă, a cincea, iar în cazul lantanidelor începe completarea unei orbite profund interioare, a patra.

Iată deci în ce anume constă surprinzătoarea asemănare a acestor elemente. Unicul electron disponibil de pe orbita a cincea nu este greu să fie „luat cu împrumut", dar la orbita a patra este mult mai greu de ajuns. Tocmai de aceea trebuie aşteptat pînă ce orbita a patra se va completa; pînă atunci vor fi disponibili doar trei electroni. Iată cum s-a întîmplat ca o grupă întreagă de 14 elemente să aibă aceeaşi valenţă 3+, de unde rezultă asemănarea lor din punct de vedere chimic.

Dar asemănarea chimică sau diferenţierea dintre elemente depinde nu numai de structura orbitelor electronice, ci şi de numărul lor. Cu fiecare orbită nouă, cu fiecare perioadă nouă, atomul creşte în dimensiuni. Ca urmare, electronii ultimelor orbite sînt situaţi atît de departe de nucleul care îi atrage, încît pot părăsi atomul cu foarte mare uşurinţă la cea mai mică acţiune dinafară. Iată de ce metalele cele mai metalice — cesiul şi franciul — sînt dispuse în colţul stîng de jos al sistemului periodic, iar cel mai nemetalic metaloid, dimpotrivă, în colţul drept de sus.

Lantanidele se aseamănă aşa de mult între ele şi pentru faptul că completarea cu electroni a orbitei interioare este însoţită nu de creşterea dimensiunilor atomilor, ci de o micşorare neînsemnată, datorită sarcinii pozitive mărite a nucleului. Mai mult decît atît, în urma unei astfel de „comprimări lantanidice", elementele care urmează după acestea — hafniul şi tantalul — au exact aceleaşi dimensiuni atomice ca şi analogii lor — zirconiul şi niobiul —, şi de aceea zirconiul, în special, se aseamănă din punctul de vedere al proprietăţilor cu hafniul, iar niobiul cu tantalul.

Şi, în sfîrşit, cîteva cuvinte despre locul hidrogenului în sistemul periodic. Introducînd hidrogenul în grupa întîi, trebuie să fim convinşi că facem acest lucru numai datorită faptului că acesta are un singur electron pe orbită. Dar hidrogenul poate avea şi valenţa 1—, adică, în mod similar halogenilor, el poate capta pe orbita sa un electron, devenind încărcat negativ. Se cunoaşte un şir întreg de astfel de compuşi. Aceştia poartă denumirea de hidruri, de exemplu hidrura de calciu CaH_2, hidrura de litiu LiH. Datorită acestor particularităţi, hidrogenul poate fi pe drept cuvînt plasat şi în grupa a şaptea.

...Și mai departe?

Putem oare spune că în zilele noastre sistemul periodic este ireproșabil? Evident că nu se poate afirma așa ceva. Să luăm aceleași elemente — lantanidele. Faptul că acestea sînt dispuse într-o singură căsuță a lantanului este justificat din punctul de vedere al teoriei structurii orbitelor electronice. Dar în același timp, în forma „prescurtată" a tabelului lui Mendeleev (pe care o folosim și noi în această carte), se introduce un anumit element de artificial. De asemenea încă nu este nici pe departe clară poziția elementelor transuranice. Această problemă ridică în prezent o serie de dispute. Unii savanți consideră că în perioada a șaptea trebuie să se separe familia actinidelor în mod analog lantanidelor și să se introducă toriul, protactiniul, uraniul și cele 11 elemente transuranice (numărul lor total este 14, ca și în cazul lantanidelor) în căsuța actiniului (așa cum se vede și în tabelul folosit de noi).

Fără îndoială că în viața sistemului periodic se vor petrece încă multe evenimente. Este greu de ghicit ce completări și ce precizări vor mai fi introduse. Nu putem să ne îndoim însă de faptul că „viitorul va aduce nu năruirea legii periodicității, ci dezvoltarea și lărgirea ei". Aceste cuvinte ale lui Mendeleev s-au confirmat de nenumărate ori și se vor confirma și pe viitor în cursul dezvoltării științei.

METALE MAI UŞOARE DECÎT APA

În viaţa de toate zilele sîntem obişnuiţi să avem de-a face cu metale grele, dure, greu fuzibile... Şi, cu toate acestea, există metale moi ca ceara, mai uşoare decît apa, care se topesc la căldura mîinii. Mai mult chiar, din punctul de vedere al proprietăţilor chimice, acestea sînt metale tipice: formează foarte uşor cationi. Prin interacţiunea cu apa se formează baze puternice, denumite de obicei alcalii. Acestea sînt litiul, sodiul, potasiul, rubidiul şi cesiul.

Dacă scoatem o bucată dintr-un metal alcalin din borcanul cu petrol unde se păstrează de obicei şi îl tăiem cu cuţitul, observăm că tăietura are luciu alb-argintiu. Dar, imediat ce vine în contact cu aerul, tăietura se închide la culoare, pierde luciul caracteristic: metalul reacţionează cu umiditatea atmosferică, formîndu-se un strat de hidroxid. Stratul de hidroxid reacţionează cu bioxidul de carbon din aer, transformîndu-se în carbonat. Metalele alcaline sînt foarte reactive. De aceea se păstrează sub petrol. Dacă se aruncă o bucată mică de sodiu în apă, acesta se transformă într-o sferă topită care se mişcă pe suprafaţa apei, micşorîndu-se din ce în ce şi totodată se degajează bule de gaz — hidrogen — care se şi poate aprinde. Se degajează şi multă căldură. O cantitate mai mare de metal poate provoca aprinderea hidrogenului şi chiar explozii.

Reactivitatea neobişnuită a metalelor alcaline se explică prin slaba legătură a singurului electron periferic cu nucleul atomului.

Trei elemente alcaline — litiul, sodiul şi potasiul — au densitatea mai mică decît a apei. Densitatea litiului este 0,534, el fiind deci aproape de două ori mai uşor decît apa şi de 40 de ori mai uşor decît osmiul, care este metalul cel mai greu.

„Abur" pentru motoarele interplanetare

Nava cosmică a depășit atracția terestră. Acum nu mai sînt necesare motoare puternice. În cosmos, acestea vor fi înlocuite de motoarele ionice. Principiul de construcție al unui astfel de motor este foarte simplu. Iată schema de principiu. Baterii solare puternice vor aduce la incandescență plăci de wolfram spre care se trimit vapori de cesiu — cel mai ușor fuzibil și mai reactiv dintre metalele alcaline.

Sub influența căldurii radiate de wolfram, cesiul se ionizează. Norul ionic format este accelerat în cîmpul electrostatic la o tensiune de 10 000 de volți. Ionii de cesiu zboară din motorul ionic cu o viteză de 12 000 000 de centimetri pe secundă. Forța care ia naștere este foarte mare. Greutatea totală a motorului, după cum arată savanții americani, nu depășește un kilogram.

Cu toate acestea, în cosmos și un astfel de motor imprimă navei moderne o viteză uriașă. Subliniem că în motorul ionic cesiul nu este un combustibil, ci un transportor al energiei solare, în mod similar aburului, care transportă energia cărbunelui ars în focar.

„Aburul" ionic poate să aducă oamenilor servicii însemnate și pe Pămînt. În viitor, generatoarele cu plasmă vor înlocui cazanele de abur, turbinele, generatoarele și condensatoarele, — în general, mijloacele de transformare a căldurii în electricitate atît de obișnuite astăzi, dar foarte incomode, enorme și neeconomice.

Principiul de lucru al generatoarelor cu plasmă este relativ simplu. Pentru obținerea curentului electric este necesar ca un conductor metalic să traverseze cîmpul magnetic. Aici însă rolul metalului îl îndeplinește un curent gazos bun conducător de electricitate. Din duza turbinei cu gaz iese, cu o viteză supersonică și cu zgomot asurzitor, un curent de gaz ionizat încălzit la 3 000°C. La ieșirea din turbină, gazul ionizat străbate un cîmp magnetic puternic. Dar, după cum se știe, gazele se ionizează foarte puțin chiar la o temperatură atît de înaltă. Conductivitatea lor electrică este incomparabilă cu conductivitatea electrică a metalelor. Pentru a mări conductivitatea electrică a gazului este nevoie să se introducă un fascicul de particule ionizate.

Și din nou ne vin în ajutor metalele alcaline active, ușor ionizabile — cesiul, rubidiul sau potasiul —, care sînt introduse în curentul gazos.

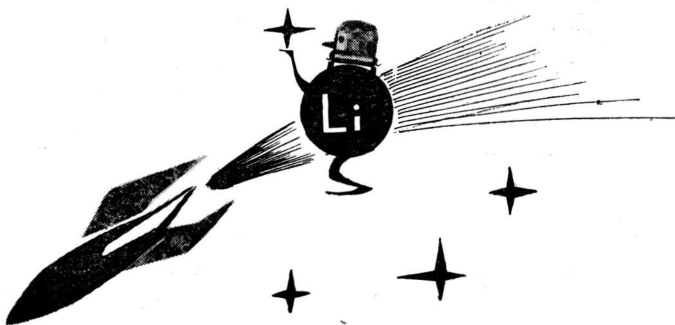
În generatorul cu plasmă, căldura gazului încălzit se transformă direct în electricitate. Randamentul de transformare este de 50—60%, adică de două ori mai mare decît în cazul generatoarelor obişnuite de curent: cazane cu abur, turbine, generatoare electrice etc.

Traseul navelor cosmice

Metalele alcaline şi-au legat soarta lor de cosmos. Întreaga omenire s-a putut convinge de acest lucru la 2 ianuarie 1959.

Într-o noapte geroasă de iarnă, la timpul stabilit, o rachetă invizibilă care se îndrepta spre Lună a lansat o mică pată galbenă — un nor de vapori de sodiu în stare atomică. În univers a apărut prima cometă artificială. Cu ajutorul acestei comete s-au determinat coordonatele exacte ale rachetei în momentul lansării norului de sodiu. Formată la distanţa de 113 000 de kilometri de Pămînt, această cometă avea luminozitatea unei stele de mărimea a şasea, vizibilă cu ochiul liber.

Pentru crearea cometelor artificiale se pot utiliza toate metalele alcaline. Toate se vaporizează cu uşurinţă şi luminează puternic. Sodiul colorează flacăra în galben. Aceasta se poate observa dacă introducem o sîrmă metalică umectată cu o soluţie de clorură de sodiu în flacăra unui bec de gaz. În cosmos, atomii de sodiu reflectă partea galbenă a spectrului solar, absorbind toate celelalte radiaţii. Se obţine o cometă galbenă, foarte luminoasă. Cantitatea totală de



lumină a cometei, pentru care s-a consumat un kilogram de sodiu, este aceeași ca a unui reflector electric cu o putere de 70 000 de kilowați.

O cometă mult mai luminoasă se poate însă crea utilizînd litiu. În primul rînd, atomii de litiu difuzează puternic o anumită parte a spectrului solar; în al doilea rînd, într-un kilogram de litiu sînt de trei ori mai mulți atomi decît într-un kilogram de sodiu. Cometa de litiu formată dintr-un kilogram de metal va lumina de 40 de ori mai puternic decît cea de sodiu. Numai că ea va fi colorată în roșu-carmin. Cometa de potasiu va fi roșu-violetă. Cu ajutorul metalelor alcaline se poate trasa drumul navei cosmice: pentru aceasta trebuie să se emită la intervale de timp determinate nori de litiu.

O mare sensibilitate la lumină

Încă acum trei sferturi de veac s-a observat că lumina arcului electric, căzînd pe o placă de zinc, provoacă o emisiune de electroni. Acest fenomen a fost denumit efect fotoelectric. Intensitatea lui depinde de mobilitatea electronilor în metal: cu cît electronii sînt mai mobili, cu atît mai ușor pot fi smulși din atom și cu atît mai ușor atomul poate fi ionizat. Tensiunea cîmpului la care electronul periferic al atomului își părăsește orbita se numește potențial de ionizare.

Pentru metalele alcaline, potențialele de ionizare sînt mici în comparație cu celelalte metale. Pentru cesiu, de exemplu, acest potențial este de numai 3,9 volți. Nu este de mirare că potasiul, sodiul și în special rubidiul și cesiul sînt foarte sensibile la lumină. Cantități apreciabile din aceste din urmă elemente se utilizează la fabricarea fotoelementelor.

Fotoelementul este un balonaș umplut cu un gaz inert rarefiat, în care o parte din suprafața interioară este acoperită cu un strat foarte subțire de cesiu sau rubidiu. În partea opusă acestei părți lucioase, care seamănă cu o oglindă perfectă, este fixat un inel sau o rețea.

Porțiunea lucioasă a balonașului constituie catodul, iar inelul sau rețeaua — anodul. Cînd este iluminat catodul,

cuantele de lumină produc o emisiune de electroni. Aceștia se deplasează spre anod, iar în circuit apare un curent electric.

Cu ajutorul fotoelementelor se poate măsura luminozitatea stelelor care de-abia se văd cu ochiul.

Fotoelementele cu catod de argint și cesiu „văd“ și în întuneric; acestea sînt sensibile la razele ultraviolete și infraroșii.

Fotoelementul a dat grai „marii mute“ — artei cinematografice; fără el ar fi fost imposibilă televiziunea. De asemenea el este nelipsit din multiplele instalații moderne pentru automatizarea proceselor de producție.

Metalele alcaline și reactorul nuclear

Fisionînd nucleul atomic, savanții au dat peste o rezervă inepuizabilă de energie și... deodată s-au izbit de o problemă deosebit de serioasă.

Reactorul cu uraniu trebuie să fie continuu răcit, căldura ce o degajează trebuie evacuată în permanență. A apărut necesitatea unei substanțe care să preia căldura în mod eficient și rapid, să treacă ușor prin conductele sistemului de răcire și să fie lichidă la o temperatură de cîteva sute de grade, căci aceasta este temperatura părților răcite ale reactorului.

Apa este un vechi și încercat transportor de căldură. Căldura ei specifică este excelentă, conductivitatea termică e de asemenea foarte bună; apa nu înfundă conductele. Are însă un neajuns: chiar la 100°C se transformă în vapori. Cu ajutorul apei funcționează multe reactoare, dar temperatura joasă de fierbere necesită un sistem special de presiune înaltă. Mai mult chiar, la temperaturi înalte apa reacționează chimic cu materialele din care este confecționată instalația.

Utilizarea metalelor alcaline ca transportoare de căldură permite să se simplifice instalația. Sodiul, de exemplu, permite să se preia în mod rapid și eficient căldura. El se topește la 97,8°C și fierbe la 890°C. Prin urmare este lichid pe un interval de aproape 800°C. Iar această proprietate este deosebit de importantă: sodiul se utilizează la temperaturi ridicate și la presiuni joase. În plus, acest metal nu

reacționează chimic cu materialele din care este confecționată instalația sistemului de răcire. Litiul are un interval al stării lichide de 1 150°C, fiind de asemenea utilizat ca transportor de căldură. Ca neajunsuri se poate menționa că metalele alcaline sînt moderatoare de neutroni mult mai slabe decît apa, iar radioactivitatea pe care o capătă cu timpul este mai mare decît în cazul apei.

În natură și în organism

Scoarța terestră conține o cantitate egală de potasiu și de sodiu, aproximativ 2,5% în greutate. Pe uscat se întîlnesc zăcăminte uriașe de săruri ale ambelor elemente, dar în apa oceanului se găsește de 40 de ori mai mult sodiu decît potasiu. Care să fie cauza? Să examinăm razele ionilor metalelor alcaline. Cu cît este mai mare greutatea atomică, cu atît este mai mare și raza ionului metalic și, prin urmare, cu atît mai ușor va fi influențat de diferite particule încărcate electric. Astfel de particule, care întotdeauna se găsesc în sol, atrag cu ușurință ionii ușor deformabili, așa cum sînt cationii de potasiu, rubidiu și cesiu.

Pe de altă parte, fiecare ion este o sursă de cîmp electric și are o acțiune deformantă asupra particulelor încărcate electric ale mediului exterior, și anume cu atît mai puternică, cu cît este mai mică raza ionului. Dintre metalele alcaline, cea mai puternică acțiune deformantă o are cationul de litiu, a cărui rază este cea mai mică: 0,78 angstromi (Å). În felul acesta se poate spune că elementele potasiu, rubidiu și cesiu sînt reținute de către sol, iar litiul se autoreține în acesta. Sodiul are însă dimensiunea optimă a ionului (0,98 Å), astfel încît acesta este puțin deformat și are o acțiune deformantă redusă. De aceea este lesne luat de apele din sol.

Faptul că potasiul este reținut de către sol este foarte important, căci el este unul din cei trei giganți ai fertilității[1]. Recolta mondială anuală scoate din sol mai bine

---

[1] Astăzi se consumă anual în toată lumea ca îngrășăminte agricole peste 8 400 000 de tone de săruri de potasiu.

La cel de-al II-lea Congres internațional al „Organizației internaționale pentru îngrășăminte“ din 1951, s-a apreciat că rezervele mon-

de 30 000 000 de tone de potasiu. O cantitate deosebit de mare este „extrasă“ de culturile de sfeclă, cartofi și tutun. Dacă le lipsește potasiul, plantele pierd capacitatea de a sintetiza hidrații de carbon, în sfeclă se reduce conținutul de zahăr, în cartofi cel de amidon. Potasiul este necesar în special plantei tinere, în care procesul de divizare celulară decurge mai energic. În cazul lipsei acestui element, planta se dezvoltă încet, dă recoltă slabă și în cele din urmă se îmbolnăvește.

Principalele îngrășăminte potasice sînt clorura de potasiu și sărurile de potasiu fabricate din silvinită (amestec natural de clorură de potasiu și clorură de sodiu). Clorura de potasiu care se utilizează sub formă de îngrășămînt este o pulbere microcristalină albă, avînd un procent ridicat de potasiu (peste 50%).

Sulfatul de potasiu conține pînă la 52% potasiu, este bun pentru toate solurile și în special prezintă importanță pentru culturile sensibile la clor, cum sînt cartoful, inul, cînepa și tutunul.

Chiar și silvinita, care conține în medie numai 15% potasiu, se poate utiliza ca îngrășămînt.

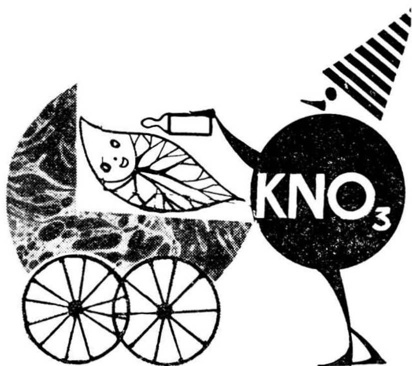
---

diale, determinate de geologi în zăcămintele descoperite pînă atunci, ar fi de douăzeci de miliarde de tone.

În R.P.R., primele eșantioane de săruri de potasiu au fost identificate în primăvara anului 1893, în apropiere de Tg.-Ocna. Timp de cincizeci de ani, sub regimul burghezo-moșieresc, cercetările pentru identificarea zăcămintelor au fost doar sporadice și nesprijinite de stat. Abia în anii regimului de democrație populară cercetările au fost întreprinse în mod sistematic. Cu prilejul explorărilor din 1954 de la Tg. Ocna — Gălean s-a pus în evidență primul zăcămînt de săruri de potasiu. Ulterior, în urma altor cercetări, s-au mai găsit săruri de potasiu la Gura-Slănicului, Adînca, Cucuieți și Tuta. S-a delimitat astfel o zonă cu săruri de potasiu în regiunea subcarpatică la nord de Tg.-Ocna.

Se poate prevedea ca producția industrială de îngrășăminte cu potasiu să înceapă după anul 1965.

Experiența utilizării îngrășămintelor în agricultură a arătat că prin folosirea sortimentelor care conțin toate cele trei elemente active — azot, fosfor și potasiu — sporurile de recoltă sînt mult mai mari decît în cazul cînd se întrebuințează un îngrășămînt cu un singur element. Pe baza experimentărilor făcute pînă în prezent a rezultat că, în condițiile de sol și climă de la noi din țară, raportul dintre cele trei elemente administrate prin îngrășăminte trebuie să fie: azot 1, fosfor 0,6, potasiu 0,3. Aceasta înseamnă că la 1 000 kg de azot agricultura noastră nu solicită decît 300 kg de potasiu. Pînă la realizarea unei industrii de săruri de potasiu pe baza zăcămintelor noastre naturale, agricultura a folosit îngrășăminte cu potasiu importate *(N.t.)*.



Cantitatea de litiu din scoarța terestră este de 400 de ori mai mică decît a sodiului. Denumirea lui se datorește faptului că a fost găsit într-un mineral și nu în cenușa plantelor din care se extrăgea în acea vreme ruda sa apropiată, potasiul. *Litos*, în limba greacă, înseamnă „piatră". Cu toate acestea, există multe plante care conțin litiu în concentrații relativ mari. Astfel în plantele piciorul-cocoșului, scaiete etc. se găsește mult mai mult litiu decît în alte plante.

În scoarța terestră se găsește tot atîta cesiu cît și mercur ($7 \cdot 10^{-4}$%), iar rubidiu de 10 ori mai mult. Aceste elemente se găsesc în multe minerale, în depozitele naturale de săruri potasice, în apa de mare, în organismele animale și vegetale și se extrag din mineralele lepidolit și polucit. Rubidiul este acumulat de către organismele marine și se găsește în cantitate mare în conifere și în vinul roșu. Rubidiul se acumulează în eritrocite — globulele roșii ale sîngelui —, pe cînd cesiul se strînge în țesuturile musculare.

Sodiul și potasiul se găsesc în cantități destul de mari în organismele vii și au un rol deosebit de important, deși diferit.

Organismul uman conține numai 175 de grame de potasiu, dintre care în lichidele celulare (plasmă, sînge, limfă, lichid cefalorahidian) numai 2 grame.

Sodiul, dimpotrivă, se concentrează în lichidele necelulare, unde cantitatea sa este de 28 de ori mai mare decît a potasiului; în țesuturi, sodiul se găsește în cantitate de 5 ori mai mică decît potasiul.

Organismele animale adulte conțin ceva mai mult potasiu decît sodiu. În țesuturile embrionilor se află însă mai mult sodiu; raportul dintre aceste elemente în embrioni se apropie de raportul din apa de mare. Potasiul participă la sinteza glicogenului și a albuminelor. În cazul unei insu-

Încă cu cinci mii de ani în urmă, egiptenii obțineau sticla prin topirea nisipului alb curat cu sodă și cretă. Egiptenii își procurau soda din lacurile de sodă. În natură soda se formează acolo unde există zăcăminte de mirabilită, Na_2SO_4. Sub influența unor bacterii, mirabilita este redusă la sulfură de sodiu, Na_2S. Sub acțiunea bioxidului de carbon și a apei, ea se transformă în sodă. Pe fundul lacurilor de sodă și la mal se formează cristale mixte de $Na_2CO_3 \cdot NaHCO_3 \cdot 2H_2O$.

Pînă la sfîrșitul secolului al XVIII-lea, fabricile de sticlă și de săpun și industria textilă utilizau ca materie primă soda naturală. Se utiliza pe scară largă soda obținută în Spania prin arderea plantelor marine care conțin sodiu.

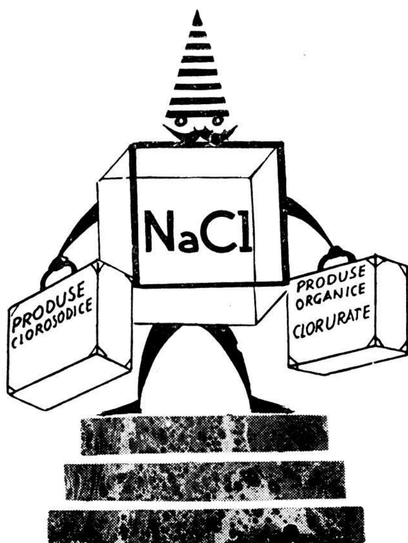
Tehnica obținerii sodei din plante era la sfîrșitul secolului al XVIII-lea foarte primitivă și chiar soda de cea mai bună calitate conținea doar 25—30% produs pur.

La mijlocul secolului al XVIII-lea, fabricile de sticlă, de săpun și industria textilă au început să resimtă lipsa de sodă.

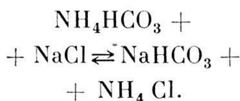
În 1775 Academia de Științe din Paris a publicat un concurs pentru obținerea sodei din clorură de sodiu. După 15 ani Notariatul din Paris a primit un plic în care se afla descris procedeul de fabricare a sodei din sulfatul de sodiu. Autorul patentului era un chimist amator, N. Leblanc, medicul particular al ducelui d'Orléans. Potrivit acestui procedeu, sarea lui Glauber (Na_2SO_4), obținută sub acțiunea acidului sulfuric asupra sării de bucătărie, era calcinată cu cărbune și carbonat de calciu la 1 000°C. Topitura de sodă și sulfură de calciu era tratată cu apă și astfel soda se dizolva.

Prin acest procedeu s-a fabricat sodă pînă în deceniul al șaptelea al secolului al XIX-lea. Prețurile sticlei de geamuri, ale țesăturilor și săpunului s-au redus la jumătate. Pînă la punerea în aplicație a acestui procedeu, geamurile erau considerate în Franța articole de lux. Dar procedeul era destul de imperfect. Se obțineau multe deșeuri, se consuma mult combustibil, instalațiile erau prea mari, iar reacțiile se realizau în special cu substanțe solide.

În 1861 belgianul Solvay a propus procedeul amoniacal de obținere a sodei. Acesta este mult mai ieftin și mai simplu și nu are neajunsurile procedeului Leblanc.



Procedeul Solvay constă în barbotarea în soluția de clorură de sodiu a amoniacului și a bioxidului de carbon în exces. Se obține bicarbonat de amoniu, care reacționează cu clorura de sodiu și formează bicarbonat de sodiu și clorură de amoniu:



$$NH_4HCO_3 + NaCl \rightleftarrows NaHCO_3 + NH_4Cl.$$

Acest echilibru este deplasat spre dreapta, deoarece bicarbonatul de sodiu precipită și poate fi filtrat. Prin încălzire, bicarbonatul de sodiu trece cu ușurință în carbonat, adică în sodă:



$$2NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O + CO_2.$$

Carbonatul de sodiu se vinde în comerț în stare anhidră, sub numele de sodă calcinată.

În întreaga lume se fabrică anual cîteva milioane de tone de sodă anhidră (sodă calcinată)[1].

Procedeul amoniacal este, fără îndoială, bun, dar și el are o serie de neajunsuri. Dintre acestea prezintă importanță faptul că nu se utilizează complet clorura de sodiu și au loc pierderi de bioxid de carbon, amoniac și var.

---

[1] În anii puterii populare, producția de sodă caustică și calcinată a crescut în România de la 35 000 t în 1938 la 540 000 t în 1964. Fabrica de la Ocna-Mureș (vechea Uioara) a fost dezvoltată și modernizată. S-a construit o mare uzină la Govora, care valorifică sare de la Ocnele-Mari. Soda calcinată și produsele sodice acoperă necesitățile consumului intern și sînt exportate în cantități tot mai mari *(N.t.)*.

Mai mult de o treime din cantitatea totală de sodă fabricată în lume se utilizează în industria sticlei. Cantităţi importante de sodă sînt consumate în procesul de producţie a aluminiului.

Produsul intermediar rezultat din procesul de fabricare a sodei — bicarbonatul de sodiu — se utilizează în industria alimentară şi în medicină. Soda alimentară trebuie să fie foarte curată şi să nu conţină impurităţi otrăvitoare (arsen etc.).

ELEMENTELE ALCALINO-PĂMÎNTOASE

Calciul metalic și analogii săi — stronțiul și bariul — au fost obținuți pentru prima dată acum aproape o sută cincizeci de ani, dar compușii calciului servesc omenirii din timpuri străvechi.

O importanță mult mai redusă în comparație cu calciul aveau și au stronțiul și bariul, precum și compușii acestora. Din grupa metalelor alcalino-pămîntoase face parte, din punctul de vedere al proprietăților, și radiul.

Pămînturi sau elemente ?

Denumirea „elemente alcalino-pămîntoase" s-a păstrat pentru calciu, stronțiu și bariu din vremea în care compușii pe care azi îi denumim oxizi erau denumiți „pămînturi". Aceste substanțe nu se modificau prin încălzire, se dizolvau puțin în apă, formînd soluții alcaline, ceea ce, după concepțiile de atunci, corespundea noțiunii de „pămînturi".

„Pămînt de calcar", așa era denumit în acea vreme oxidul de calciu. Compușii de bariu și de stronțiu au intrat în mîinile chimiștilor relativ nu de mult: acum aproape 190 de ani. În 1774 Scheele a studiat bioxidul de mangan natural — piroluzita — și a descoperit în el o substanță necunoscută pînă în acea vreme, substanță care avea o densitate mare și care a fost denumită spat greu sau barită. După treisprezece ani s-a găsit în Scoția o altă substanță similară, stronțianita. Ulterior s-a stabilit că substanțele descoperite erau sulfatul de bariu și sulfatul de stronțiu.

Metodele de care dispunea știința pînă la sfîrșitul secolului al XVIII-lea nu permiteau să se descompună „pămînturile" în compuși mai simpli. De aceea A. Lavoisier, în

1789, în *Cursul elementar de chimie*, a considerat ca elemente CaO, SrO și BaO. Cu toate acestea, în aceeași lucrare el și-a exprimat părerea că acest punct de vedere al său va trebui să se modifice și că știința va găsi procedeul de descompunere al acestor încăpățînate „pămînturi". Și Lavoisier a avut dreptate.

Utilizarea metodelor noi de cercetare conduce întotdeauna la salturi revoluționare în știință. Așa s-a întîmplat și atunci cînd H. Davy, în 1808, a folosit pentru prima dată curentul electric pentru a acționa asupra substanțelor chimice. Atacul asupra „pămînturilor", la care a luat parte și un alt chimist renumit — Berzelius —, a dus la o victorie strălucită: unul după altul, din „pămînturi" au fost separate, ca metale pure, bariul, stronțiul și calciul.

Este lesne de înțeles de ce elementele alcalino-pămîntoase nu se întîlnesc în natură și de ce se obțin cu greutate: ele sînt atît de active, încît se unesc cu toate componentele aerului (în afară de gazele inerte), chiar și cu azotul.

De multe ori, cînd spunem metal, ne gîndim înainte de toate la un material de construcție, solid, rigid și stabil. Dar în marea familie a metalelor se întîlnesc reprezentanți și foarte activi, și complet inerți, și mai ușori decît apa, și mai grei decît mercurul. Gama proprietăților metalelor este într-adevăr inepuizabilă.

Calciul, stronțiul și bariul sînt metale strîns înrudite. Cu toate acestea, calciul se diferențiază în multe privințe de ceilalți, și în primul rînd prin răspîndirea extraordinară în natură.

Calciul în scoarța Pămîntului

Calciul este o parte constitutivă nelipsită a rocilor silicioase — cea mai mare grupă de minerale din scoarța Pămîntului. Ceva mai puțin se întîlnește sub formă de carbonat, $CaCO_3$, sau sulfat, $CaSO_4$, și mai puțin sub formă de fosfat, $Ca_3(PO_4)_2$. Dar despre acești compuși ai calciului merită să vorbim mai amănunțit.

Carbonatul de calciu natural este un compus polimorf. Înainte de toate, în funcție de structura cristalelor, carbonatul de calciu formează două minerale: calcitul și aragonitul. Acesta din urmă este „materialul de construcție" al

superbelor stalactite și stalagmite, minunat de frumoase creații ale naturii cu care sînt uneori bogat împodobite peșterile.

Calcitul se găsește în cîteva varietăți. Creta constă din scoici microscopice, iar unele calcaruri aglomerate conțin cîteodată chiar scoici mai mari, vizibile cu ochiul liber. Creta și calcarul reprezintă cele mai răspîndite forme de calcit. Marmura este din punct de vedere chimic tot carbonat de calciu, iar ca structură cristalină calcit. Dar ea se deosebește mult de celelalte forme de carbonat de calciu, datorită condițiilor în care s-a format. Acest compus polimorf are încă o formă, denumită spat de Islanda. Cristalele de spat sînt transparente și prezintă o proprietate interesantă, cunoscută în fizică sub denumirea de dublă refracție.

În general, la suprafața uscatului, zăcămintele de calcaruri ocupă o suprafață de circa 40 000 000 de kilometri pătrați.

Pagini din istoria geologică a calciului

Conform concepțiilor geochimistului german Goldschmidt, scoarța terestră poate fi asemuită cu un strat de zgură care acoperă fierul topit din furnalul înalt. Cu toate că această analogie nu poate fi completă, totuși și scoarța terestră, și zgura furnalului înalt constau din compuși relativ ușori ai calciului, sodiului și potasiului cu siliciul, aluminiul și oxigenul, adică din silicați și aluminați. De aceea stratul exterior al Pămîntului este uneori denumit „sial“, subliniind în felul acesta că în el predomină siliciul, Si, și aluminiul, Al. În aceiași compuși se găsesc și magneziu, bariu și stronțiu.

Dacă ne-am putea transpune în epoca primei tinereți a planetei noastre, am constata lipsa mineralelor pe bază de carbonați—calcar etc.—, deoarece aceste minerale sînt mult mai recente decît silicații de aluminiu.

Activitatea vulcanică intensă din epocile geologice anterioare a dus la saturarea atmosferei cu bioxid de carbon. De-a lungul a miliarde de ani, atmosfera umedă și caldă, bogată în bioxid de carbon, curenții de apă fierbinte care pătrundeau printre crăpăturile rocilor de granit și-au desfășurat acțiunea distrugătoare, „smulgînd“ din aceste roci

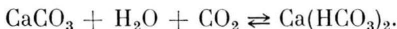
calciul și celelalte metale. În felul acesta, cantități uriașe de silicați s-au transformat în compuși insolubili — argila și nisipul —, iar calciul și însoțitorii săi au fost separați sub formă de compuși relativ solubili — carbonați sau sulfați. Evident că distrugerea silicaților de aluminiu nu este un proces spontan. Numai în basme munții pot fi prefăcuți în nisip doar rostind formula magică: „Sfărîmă-te!". Dar chiar cu această viteză mică de distrugere, sutele de milioane de ani au dus la ceea ce vedem astăzi.

O dată cu apariția vieții pe Pămînt, în istoria calciului rolul predominant au început să-l aibă organismele vii.

Circuitul calciului în natură

Este imposibil să se găsească un rezervor natural de apă în care să nu fie dizolvate săruri de calciu. În apele mărilor, sărurile de calciu reprezintă 1,6% (sub formă de carbonat și sulfat).

Pentru a intra în particularitățile „călătoriei" calciului trebuie să avem în vedere echilibrul care își găsește expresie în soluțiile apoase de carbonat de calciu:



$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightleftarrows Ca(HCO_3)_2.$$

Cînd peste calcar curge apă saturată cu bioxid de carbon, echilibrul acestei reacții este deplasat spre dreapta, în sensul formării bicarbonatului de calciu solubil. În felul acesta, carbonatul de calciu puțin solubil se transformă într-o sare solubilă și este luat de apă. Această sare, pe care nimeni nu a ținut-o în mînă, deoarece este instabilă și există numai în soluții, reprezintă veriga principală a circuitului calciului în natură.

S-ar părea că raționamentul nostru este prea teoretic: cît bioxid de carbon se dizolvă în apă? Cît calciu este dus în felul acesta de către ape? Dar nu degeaba se spune că picătura mică roade piatra mare: anual rîurile duc în mări și oceane pînă la 600 000 000 de tone de calciu.

În apa caldă a oceanului, solubilitatea bioxidului de carbon scade și o parte din el se volatilizează. Pentru a reface echilibrul, bicarbonatul cedează bioxid de carbon, transformîndu-se în carbonat neutru de calciu, $CaCO_3$, care se depune. În felul acesta pe fundul oceanelor se depun can-

tități mari de calcar. Dacă împreună cu calciul se depune și magneziu, se formează dolomit, $CaCO_3 \cdot MgCO_3$.

Cu toate acestea, bicarbonatul se poate transforma în carbonat și cu ajutorul organismelor vii. Numeroase organisme marine utilizează carbonatul de calciu pentru formarea cochiliilor, descompunînd bicarbonatul din apă. După moartea acestor organisme, cochiliile se depun la fund. Această „operație" se continuă de milioane de ani, formînd depuneri de cretă și calcar cochilifer. Calcarurile depuse sînt ridicate de procesele de încrețire a scoarței și de formare a munților deasupra nivelului mării. Intrînd în sfera temperaturilor și a presiunilor înalte, acestea devin mai dense, își modifică structura și se transformă în marmură. De aceea marmura este un produs de transformare, o rocă metamorfică. Masivele de calcar ridicate deasupra nivelului mării sînt din nou supuse acțiunii apei, bioxidului de carbon și căldurii; astfel circuitul calciului începe din nou.

Să ne amintim însă că inițial călătoria calciului a pornit cu distrugerea silicaților de aluminiu și că elementul nu mai revine la astfel de compuși; prin urmare, acest proces trebuie considerat ireversibil.

Calciul joacă și un rol important în circuitul carbonului: 99,82% din carbonul conținut în scoarța Pămîntului se află în rocile sedimentare, adică în mare măsură legat tocmai cu elementul calciu.

Să ne închipuim că activitatea vitală a plantelor și animalelor nu ar regenera în atmosferă rezervele de bioxid de carbon. În acest caz ar trebui în total numai 1 800 de ani pentru ca întreaga cantitate de CO_2 prezentă să fie legată de calciu și de celelalte metale.

Dar care este soarta „rudelor sărace" ale calciului — bariul și stronțiul? Soarta lor este similară cu a calciului. Aceste elemente trec de asemenea, sub formă de carbonați și sulfați, în apă și de aici în rocile de sedimentare. În linii generale ele se caracterizează prin același circuit.

Elementul constructor

Cînd omul nu s-a mai mulțumit cu daruri de-a gata de la natură, a început să-și construiască singur locuințe din piatră și probabil că dintre materialele de construcție a

utilizat în primul rînd calcarul. Se poate presupune acest lucru deoarece calcarul se găsește în cantități mari, este destul de rezistent și în același timp se prelucrează mult mai ușor decît celelalte roci.

Din blocuri de calcar sînt construite renumitele piramide egiptene. Multe orașe sînt construite din calcar.

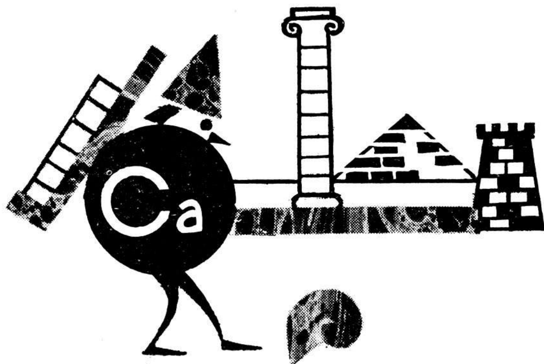
Construcțiile antice nu au la bază nici un fel de liant (mortar) care să lege pietrele între ele. Rezistența se asigură prin faptul că blocurile aveau suprafețe netede, șlefuite. Ne vine greu să ne închipuim astăzi ce muncă titanică a fost necesară pentru a se realiza aceste construcții! Oamenii au învățat să prepare materialele liante mult mai tîrziu. Iar atunci tot calciul le-a venit în ajutor.

Dacă încălzim gipsul natural, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, la 150°C, îndepărtăm astfel o parte din apa de cristalizare. Hidratul care se obține și care conține mai puțină apă, $CaSO_4 \cdot H_2O$, își poate recăpăta apa pierdută. În mod practic, ipsosul, cum este denumit, se amestecă cu apă, iar pasta obținută se utilizează ca material liant pentru stucaturi etc. Pe măsură ce apa „revine“ în molecula de cristalohidrat, se produce întărirea masei.

Dacă însă se încălzește gipsul peste 500°C, acesta se deshidratează complet și pierde capacitatea de a se mai hidrata. De aceea produsul astfel obținut este denumit ipsos „mort“. Dacă se continuă încălzirea pînă la 1 000°C și peste această temperatură, se obține un nou material liant: ipsosul hidraulic. Acest compus are un caracter mult mai complex, deoarece la temperaturi ridicate se elimină și anhidridă sulfurică. Sarea normală $CaSO_4$, supusă încălzirii la 1 000°C, se transformă într-o sare bazică a cărei compoziție se reprezintă prin formula aproximativă $xCaSO_4 \cdot yCaO$.

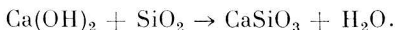
Dacă la ipsosul hidraulic se adaugă apă, aceasta se adiționează la sarea bazică și cristalele obținute se leagă unele de altele, formînd o masă rezistentă stabilă la acțiunea apei și la oscilațiile de temperatură. Acest material liant a fost cunoscut încă din antichitate: în Egipt a fost utilizat încă acum patru mii de ani.

Din timpuri străvechi se utilizează ca material liant și varul. În prezent se consumă anual zeci de milioane de tone de var. Pentru fabricarea varului se calcinează calcar în cuptoare mari la 900°C. Pentru a transforma varul în material liant „se stinge“ cu apă. Se obține varul stins: $Ca(OH)_2$.



Dacă se ia apă în exces, se obţine „laptele de var". La acesta se adaugă nisip, iar masa obţinută, mortarul, se utilizează pentru legarea blocurilor de piatră şi a cărămizilor în construcţii.

Cum are loc uscarea, întărirea acestei mase? Rolul important în întărirea mortarului îl are absorbţia de bioxid de carbon din atmosferă. Se formează carbonat de calciu, $CaCO_3$, şi, parţial, silicaţi datorită nisipului, conform reacţiei:



$$Ca(OH)_2 + SiO_2 \rightarrow CaSiO_3 + H_2O.$$

Este uşor de înţeles pentru ce întărirea mortarului are loc lent: în aer se află cantităţi mici de bioxid de carbon şi, lucru şi mai important, se degajează apă, pentru îndepărtarea căreia este nevoie de asemenea de timp. Un neajuns al mortarului îl constituie faptul că nu are o rezistenţă prea mare.

Cimentul — cel mai important liant al timpului nostru[1] — nu prezintă însă aceste neajunsuri. Cimentul este un amestec de silicaţi şi aluminaţi. Materia primă pentru obţinerea cimentului este calcarul (sursă de CaO) şi argila (sursă de oxizi acizi SiO_2 şi Al_2O_3). Materia primă se macină foarte fin şi se introduce treptat într-un cuptor rotativ puţin înclinat, în care pe la partea opusă, în contracurent, intră combustibilul: praf de cărbune sau gaze naturale. Aceste cuptoare au dimensiuni foarte mari.

---

[1] Producţia de ciment a atins în 1964 în R.P.R. un volum de 4 752 000 t faţă de 510 000 t în 1938 *(N.t.)*.

Prin arderea combustibilului în cuptor se realizează o temperatură pînă la 1 500°C, iar amestecul inițial se deplasează încet și se calcinează. Calcarul se descompune, formînd CaO. Oxidul de calciu reacționează cu părțile componente ale argilei, formînd silicați și aluminați de calciu. Produsul compact — clincherul — este răcit și măcinat, după care se obține o pudră verde-gri de ciment. Cimentul obținut astfel conține CaO (circa 60%), SiO_2 (25%), Al_2O_3 (circa 10%) și Fe_2O_3 (circa 5%).

Uneori se utilizează ca materie primă nu varul, ci gipsul, adăugîndu-se cărbune și, de regulă, argilă. Prin calcinarea unui astfel de amestec se obține de asemenea ciment, însă gazele evacuate conțin bioxid de sulf, care se formează din gips și care se utilizează pentru obținerea concomitentă a acidului sulfuric.

Construcțiile moderne impun exigențe mari în ce privește calitatea cimentului. În primul rînd el trebuie să se întărească bine după amestecarea cu apa, adică, cum spun constructorii, să facă priză. Dar această întărire nu trebuie să fie „fulgerătoare", căci este nevoie de un interval de timp pentru transportul mortarului la locul de lucru și pentru lucrul propriu-zis. Condițiile tehnice prevăd ca întărirea cimentului să înceapă după 45—60 de minute de la prepararea betonului. Pe de altă parte, acest timp nu trebuie nici să se lungească prea mult. Se consideră normal dacă întărirea se produce în curs de 12 ore. Cu timpul însă, rezistența mortarului crește.

Pentru a aprecia calitatea cimentului, marca sa, după patru săptămîni de la obținere betonul este supus la încercare prin comprimare. Cele mai bune tipuri de ciment pe bază de silicați suportă sarcini pînă la 600 kg/cm^2.

Procesul de întărire a mortarului este asemănător întăririi ipsosului: silicații de calciu, adiționînd apă, se transformă în cristalohidrați. În acest caz au loc și transformări chimice și fizico-chimice mult mai complexe. Este important să se sublinieze că întărirea cimentului necesită o temperatură ceva mai ridicată. De aceea în timp de iarnă trebuie să se ia măsuri speciale de încălzire a șantierelor de construcții.

Dacă se supune calcinării o argilă cu un conținut redus de SiO_2, se obține un ciment argilos care are altă compoziție: CaO circa 40%, Al_2O_3 circa 40%, Fe_2O_3 10—15% și numai 5—10% SiO_2. În acest ciment principala parte componentă o constituie nu silicatul, ci aluminatul de calciu. Dacă argila

utilizată conține prea mult SiO_2, se adaugă minereu de fier, care produce legarea siliciului sub formă de silicat de fier.

O particularitate esențială a cimentului argilos este întărirea rapidă. În afară de aceasta, adiția apei la aluminatul de calciu $CaO \cdot Al_2O_3$ este însoțită de degajare de căldură. Iar această proprietate este foarte importantă: în timpul iernii un astfel de ciment nu necesită măsuri speciale de încălzire. După numai 24 de ore de la prepararea mortarului, rezistența acestuia atinge 500—600 kg/cm^2.

În prezent, însemnătatea cimentului nu se limitează numai ca mortar. Dacă se adaugă la ciment pietriș, zgură, piatră sfărîmată, se obține un material de construcție de sine stătător — betonul —, din care se pot confecționa diverse detalii de construcție și prefabricate: planșee, grinzi, scări, pereți și chiar camere întregi. Utilizarea scheletelor metalice — armături — permite să se îmbunătățească proprietățile mecanice ale betonului. În felul acesta se obține betonul armat, deosebit de important în construcție.

Deși proprietatea cimentului argilos de a degaja căldură prin hidratare este utilizată în timp de iarnă (cînd nu mai sînt necesare instalațiile speciale de încălzire), în unele cazuri aceasta reprezintă un neajuns important. În cazul în care mortarul este dispus în strat subțire, acest lucru nu prezintă mare importanță. Dar să ne închipuim, de exemplu, construcția unui baraj în care trebuie să se toarne cantități enorme de beton. Evacuarea căldurii în cazul unui astfel de „masiv" de beton este mai dificilă și uneori se atinge în interior temperatura de 80°C. În aceste condiții adiția apei are loc în așa fel, încît se formează cristale foarte mari de aluminat hidratat. Rezistența unui astfel de beton este de trei-patru ori mai mică. Ce-i de făcut?

Să ne amintim că prin calcinarea la temperatură înaltă a gipsului natural se obține ipsosul „mort". Dar acesta este „mort" numai față de apă. Dacă se adaugă 25—30% dintr-un astfel de ipsos (denumit și „anhidrit") la cimentul argilos, acesta reacționează cu aluminatul de calciu în prezența apei, formînd un compus cu compoziția aproximativă $3CaO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot H_2O$. Această reacție necesită o temperatură înaltă, tocmai temperatura care se și dezvoltă în cazul întăririi acestui ciment. În felul acesta, căldura care ar fi putut să dăuneze rezistenței construcției este utilizată chiar în interiorul masivului de beton. În afară de aceasta, cimentul argilos cu anhidrit capătă încă o proprietate impor-

tantă: stabilitate la apa de mare, bogată în diverse săruri și care de aceea acționează deosebit de agresiv asupra construcțiilor din porturi.

Exigențele moderne față de detaliile construite din beton sînt foarte variate. Pentru construcția de locuințe a început să se utilizeze betonul expandat sau betonul poros. Planșeele din astfel de betoane sînt rele conducătoare de căldură și totodată izolatoare acustice. Cimentul care conține silicat de magneziu fibros — azbest — permite obținerea de plăci subțiri, utilizate ca material pentru acoperișuri. Din astfel de ciment se pot fabrica și diverse conducte.

Calciul în organismul viu

„Elementul constructor" are un rol foarte important în viața organismelor animale.

Dacă multe animale inferioare au drept cel mai util material pentru construcția scheletului carbonatul de calciu, animalele superioare folosesc în același scop fosfatul de calciu: $Ca_3(PO_4)_2$. În organismul uman, această substanță intervine în proporție de 3%.

Poate că 3% nu reprezintă prea mult. Dar să ne închipuim un om fără oase — o meduză în locul celei mai înalte creații a naturii — și atunci e limpede ce înseamnă această cifră.

În cazul unei insuficiențe a calciului, rezistența scheletului se micșorează, apare pericolul unor fracturi, găinile fac ouă fără coajă. De aceea animalele trebuie să primească, o dată cu hrana, și o serie de săruri minerale care să conțină calciu. În acest scop se adaugă la hrană cretă măcinată sau făină de oase, care conține fosfat de calciu în formă finită.

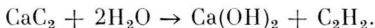
Rolul calciului în organism nu se limitează nici pe departe la construcția scheletului. Ionii de calciu care se găsesc în sînge joacă un rol important în funcționarea inimii: înlăturarea ionilor de calciu din sînge duce imediat la oprirea inimii.

Sîngele care nu conține calciu pierde complet capacitatea de a se închega la aer. Activitatea sistemului nervos central este de asemenea deranjată de lipsa calciului. În special organismul în creștere are nevoie de calciu. Nu este de mirare de aceea că laptele conține săruri de calciu în cantitate mare.

Se știe că unele moluște depun carbonat de calciu nu numai la formarea cochiliilor, dar și sub formă de perle, care se formează în jurul anumitor corpuri (de exemplu în jurul grăunțelor de nisip) care au ajuns întîmplător în interiorul cochiliei. Este interesant că și în organismul uman au loc astfel de procese care se aseamănă cu formarea depunerilor de carbonat din perle. Astfel, în tuberculoză se produce calcifierea focarului de îmbolnăvire. În unele boli de inimă, țesuturile învecinate cu aceasta se pot scleroza și pot prinde inima într-un fel de platoșă.

Alte „profesiuni" ale calciului

Calciul nu este numai constructor. Este greu de găsit vreo ramură a economiei naționale care nu folosește compuși de calciu. De exemplu, prin încălzirea unui amestec de oxid de calciu cu cărbune în cuptoarele electrice se obține un produs tehnic important: carbura de calciu ($CaO + 3C \rightarrow CaC_2 + CO$). Sub acțiunea apei, carbura de calciu sau carbidul formează acetilenă:



$$CaC_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2.$$

Înainte acetilena era utilizată numai drept combustibil pentru iluminat. După ce s-a constatat că dacă în procesul de ardere a acetilenei se înlocuiește aerul cu oxigen se obține o flacără oxiacetilenică a cărei temperatură se ridică la 3 000°C, becurile de acetilenă au început să fie folosite la tăierea metalelor. Acetilena este azi o materie primă importantă pentru industria chimică.

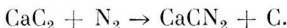
Este interesant că prin acțiunea vaporilor de apă asupra carbidului, la temperatură ridicată, se obține nu acetilenă, ci hidrogen:



$$CaC_2 + 5H_2O \rightarrow CaCO_3 + CO_2 + 5H_2.$$

Prin această metodă se poate obține hidrogen pentru scopuri tehnice.

Reacționînd la temperatură ridicată cu azotul din aer, carbura de calciu formează cianamidă:



$$CaC_2 + N_2 \rightarrow CaCN_2 + C.$$

Acest compus are de asemenea utilizări largi. Înainte de toate, formarea cianamidei a constituit unul din primele procedee de legare chimică a azotului din atmosferă: sub acțiunea vaporilor de apă asupra cianamidei se formează amoniac. Acest proces se desfășoară, de astă dată în mod lent, și prin introducerea cianamidei în sol:



$$CaCN_2 + 3H_2O \rightarrow CaCO_3 + 2NH_3.$$

Aceasta permite să se utilizeze cianamida direct ca îngrășămînt. Din cianamidă se poate obține un compus și mai prețios, ureea, care se utilizează în industria materialelor plastice și ca îngrășămînt. Cianamida are de asemenea o utilizare destul de interesantă în agricultură. Dacă se stropesc culturile de bumbac cu soluții de uree, plantele se defoliază. Aceasta permite mecanizarea recoltării bumbacului.

În industrie se utilizează cantități foarte mari de var: în industria sodei, a clorurii de var, a sării lui Berthollet, a compușilor chimici pentru protecția plantelor.

Multe săruri de calciu aditionează apă, formînd cristalohidrați. Această proprietate este clar pusă în evidență în cazul clorurii de calciu, care poate adiționa șase molecule de apă. De aceea clorura de calciu este foarte higroscopică, absoarbe rapid apa din aer sau din solvenții organici și este utilizată ca agent de uscare. Un domeniu important de utilizare a acestei sări îl constituie prepararea amestecurilor refrigerente. Soluția care conține 32,5% clorură de calciu îngheață numai la —51°C. Obiectele de lemn îmbibate cu o astfel de soluție devin rezistente la foc. Clorura de calciu este și un medicament important.

Calciul intră în compoziția aproape a tuturor sorturilor de sticlă. Cu toate acestea, sticla obișnuită permite transmisiunea unui spectru de radiații destul de limitat. Radiațiile ultraviolete sînt reținute aproape complet. Cuarțul nu are acest neajuns; el reține însă radiațiile infraroșii ale spectrului. Un material deosebit de bun pentru construcția aparatelor optice este fluorina — fluorura de calciu. Aceasta transmite atît radiațiile ultraviolete, cît și pe cele infraroșii.

Nu întîmplător pînă în prezent nu am spus nimic despre calciul metalic. Deși a trecut un secol și jumătate din momentul în care oamenii de știință au obținut, pentru prima dată, acest metal moale și strălucitor în stare pură, și în prezent el este utilizat numai sub formă de compuși.

Calciul metalic este obținut prin electroliza clorurii de calciu în stare anhidră. Totuși trebuie menționată o utilizare industrială a metalului ca atare, și anume în metalurgie. Datorită activității chimice mari a calciului, acesta este adăugat la topiturile metalice care conțin impurități. Calciul reacționează cu impuritățile, și chiar cu gazele, îmbunătățind calitățile metalului.

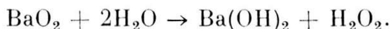
Cei trei frați la lucru

Compușii de stronțiu, bariu și calciu se utilizează în pirotehnie: stronțiul colorează flacăra în roșu, bariul în verde, iar calciul în roșu-portocaliu. Această proprietate se poate utiliza și în analiza spectrală a acestor elemente.

Dacă se adaugă clorură de bariu la o soluție care conține acid sulfuric sau sulfați solubili, are loc imediat o precipitare de sulfat de bariu insolubil, care după filtrare se poate cîntări; în felul acesta se poate determina gravimetric ionul sulfat din soluția inițială.

Sulfatul de bariu se utilizează ca pigment alb la fabricarea vopselelor, precum și în röntgenografie și medicină ca substanță de contrast. Pentru studierea stomacului, de exemplu, pacientul bea un pahar cu suspensie de sulfat de bariu. Și deoarece bariul absoarbe parțial radiațiile Röntgen, pereții stomacului devin vizibili. Este important de subliniat că această sare nu este dăunătoare organismului, în timp ce sărurile solubile de bariu sînt extrem de otrăvitoare (astfel, de exemplu, clorura de bariu se utilizează în lupta contra dăunătorilor plantelor).

O proprietate utilă a bariului o constituie capacitatea sa de a forma în afara oxidului normal, BaO, și un peroxid, BaO_2. În tehnică acest compus se obține prin încălzirea oxidului de bariu la 600°C în curent de aer. Sub acțiunea apei, peroxidul de bariu formează apa oxigenată:



$$BaO_2 + 2H_2O \rightarrow Ba(OH)_2 + H_2O_2.$$

Prin încălzirea peste 600°C, peroxidul de bariu se descompune, trecînd în oxid de bariu și eliberînd oxigen.

Sulfurile metalelor alcalino-pămîntoase intră în compoziția substanțelor fosforescente. Compușii cu sulf în care la

un atom de metal revin mai mulți atomi de sulf (polisulfurile) sînt utilizați în industria pielăriei pentru îndepărtarea părului (acțiune depilantă).

Calciul în cosmos

Din cele prezentate pînă acum am văzut că elementul calciu este unul dintre cele mai importante elemente de pe Pămînt. Studiul meteoriților care au căzut pe Pămînt a permis să se constate că acest element există și pe alte corpuri cerești. Analiza pietrelor meteoritice a arătat că ele conțin cantități importante de calciu (în medie 1,8%).

Prezența calciului în univers a fost observată și cu ajutorul analizei spectrale a substanței diferiților aștri. Atomii de calciu sînt prezenți în protuberanțele solare și în multe stele. Ei se află printre atomii altor elemente ușoare care umplu spațiile interastrale. Tocmai acest fapt dă astronomilor posibilitatea să calculeze distanțele pînă la stelele foarte îndepărtate.

Fiecare corp adus la incandescență este caracterizat printr-un spectru de emisiune în care pot fi distinse liniile compușilor prezenți. Cu toate acestea, dacă între sursa de emisiune — steaua incandescentă — și spectroscop se află unul și același element în stare „rece", acesta începe să absoarbă radiațiile de aceeași lungime de undă emise în stare incandescentă. În locul unei benzi luminoase a spectrului de emisiune apare o bandă întunecată de absorbție. Cu cît mai mare este numărul atomilor „reci" ai elementului respectiv pe care îi întîlnește radiația, cu atît mai întunecată va fi banda de absorbție. Dacă se presupune că atomii de calciu sînt răspîndiți în spațiile interplanetare în mijlociu în mod uniform, liniile de absorbție vor fi cu atît mai întunecate cu cît distanța de la stea la observator va fi mai mare.

În felul acesta elementul calciu a adus noi servicii științei.

TEMELIILE TEMELIILOR: CARBONUL ȘI SILICIUL

Cîndva savanții vor scrie *Istoria generală a carbonului*, elementul fără care este de neconceput viața pe Pămînt și poate chiar și pe alte planete.

Dacă la activul carbonului se înscrie „crearea" pe Pămînt a vieții organice, siliciul a reprezentat fundamentul anorganic: mineralele și minereurile. Cu un cuvînt, acesta reprezintă cimentul de bază al „uscatului".

Carbonul și siliciul se găsesc pe același „meridian" al hărții lumii elementelor: ambele elemente sînt reprezentanții grupei a patra a sistemului periodic al lui Mendeleev.

Elementul principal al vieții

Oricît s-ar părea de paradoxal la prima vedere, conținutul de carbon în scoarța terestră este destul de mic în comparație cu alte elemente: în total numai 0,14%. Proporția de carbon este mult mai redusă decît a oxigenului, siliciului, aluminiului, sodiului, magneziului sau fierului. Nu este însă greu de imaginat cum ar fi arătat planeta noastră dacă din compoziția ei ar fi dispărut întreaga cantitate de carbon: ar fi dispărut toate ființele vii, ar fi pierit lanțuri întregi de munți și podișuri alcătuite din calcar. Pămîntul s-ar fi transformat într-un pustiu fără viață. N-am fi avut cărbunele, petrolul. Chiar și clima ar fi fost mai aspră.

Cele trei chipuri ale carbonului

Carbonul se găsește la suprafața Pămîntului și sub formă de compuși, și în stare liberă. Carbonul nativ are trei stări, denumite alotropice.

Alotropia este un fenomen destul de frecvent, care se întîlnește la elementele sistemului periodic, atît la metale, cît și la metaloide. Atomii unuia și aceluiași element pot fi dispuși în mod diferit în rețelele cristaline; în acest caz elementul se prezintă sub mai multe stări alotropice. Carbonul are trei astfel de stări: diamantul, grafitul și cărbunele amorf (adică negrul de fum sau cărbunele de lemn).

Cea mai rară, dar și cea mai deosebită dintre aceste forme este diamantul. Diamantul curat este transparent, incolor și are o strălucire puternică. Impuritățile îi imprimă culori diferite; se întîlnește de asemenea diamant negru. Acesta este impurificat cu grafit.

Marea duritate a diamantului era cunoscută încă de acum cîteva mii de ani. În natură nu există substanțe cu o duritate mai mare decît a lui.

Diamantul este de patru-cinci ori mai dur decît toate mineralele cunoscute și decît topiturile solide utilizate ca înlocuitori, în afară de borazon. Cuțitul de diamant servește, fără să fie ascuțit, de o mie de ori mai mult decît cuțitul din cel mai dur aliaj. De aceea cuțitele de diamant sînt de neînlocuit în multe ramuri industriale. Dacă sondorii întîlnesc pe parcursul forajului o rocă dură, le vine în ajutor diamantul. Sapa de foraj este prevăzută cu o coroană de oțel la suprafața inferioară a căreia sînt fixate mici bucăți de diamant. Nu de mult savanții și inginerii sovietici au luat hotărîrea de a fora sonde supraadînci, de 7—10 kilometri, ceea ce va permite să se smulgă naturii noi și noi taine. Sapa de foraj prevăzută cu diamante ajută să se învingă cele mai dure roci întîlnite în cale.

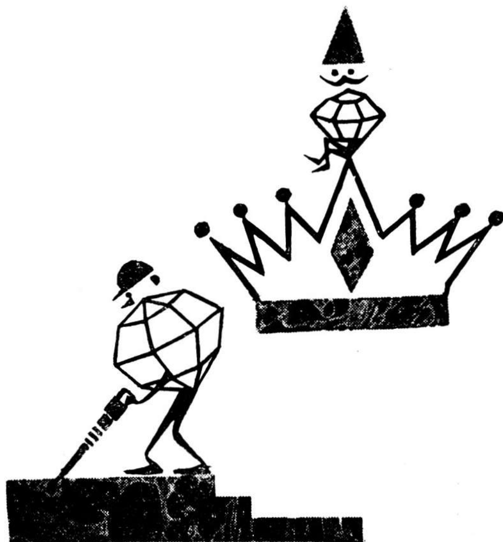
În multe domenii ale tehnicii, diamantul este în prezent de neînlocuit. Numai în utilizarea lui cea mai veche — sub formă de bijuterii (briliante) — este înlocuit, în cele mai multe cazuri, cu pietre prețioase mai ieftine, care ca strălucire nu sînt de loc mai prejos ca diamantul, și chiar cu sticlă. Aceasta pentru că, atunci cînd este vorba de podoabe, duritatea extraordinară a diamantului nu joacă nici un rol.

De aceea viitorul aparține nu diamantului aristocrat, șlefuit într-o mulțime de fețe, astfel încît din greutatea inițială nu mai rămîne decît o treime, ci diamantului truditor, indiferent de ce culoare — negru, galben sau transparent —, întotdeauna dur și care pînă astăzi a învins toate celelalte materiale.

Diamantul, ca și multe alte minerale, se găsește în zăcăminte mari, precum și dispersat în așa-numite zăcăminte

secundare. El se formează la mari adîncimi, sub acțiunea unor temperaturi și presiuni imense. Uneori magma topită de la mari adîncimi răzbește spre suprafață și se solidifică sub forma unor fire subțiri de kimberlit. Urmele unor astfel de erupții au fost descoperite cu mulți ani în urmă în Africa și Brazilia. Recent s-au descoperit și în U.R.S.S., în Iakuția, astfel de fire de kimberlit, care conțin foarte bogate rezerve de diamante. Cu toate acestea, conținutul de diamante din kimberlit nu depășește un gram la tonă, iar măcinarea rocii solide și separarea diamantelor reprezintă o problemă dificilă. De aceea adeseori diamantele sînt obținute din zăcăminte secundare. Acestea rezultă mai ales atunci cînd partea superioară a zăcămîntului de bază este roasă de ape.

Savanții au făcut multe eforturi pentru a obține diamante artificiale. Primele experiențe s-au făcut încă pe la sfîrșitul secolului trecut, dar fără succes. Era necesar să se creeze în laboratoare condițiile care există în interiorul Pămîntului: temperaturi și presiuni uriașe. Aceasta a fost cu putință numai datorită cuceririlor tehnicii moderne. În 1956 savanții englezi au reușit să „producă“ diamante. Ei au



utilizat presiuni de peste 100 000 de atmosfere și temperaturi de circa 3 000°C.

Care este cauza marii durități a diamantului? Legătura dintre atomii de carbon se caracterizează printr-o stabilitate enormă. În diamant, fiecare atom de carbon este legat de alți patru atomi și se formează o structură simetrică, tetraedrică. Pentru a rupe măcar un atom de carbon de la suprafața diamantului trebuie să se rupă cel puțin două legături carbon-carbon. Legătura chimică așa de rezistentă și dispoziția reciprocă a atomilor imprimă cristalului de diamant această duritate uimitoare. Este însă destul „să se restructureze“ rețeaua cristalină a diamantului, că duritatea dispare și, în locul unui cristal strălucitor, frumos, obținem un mineral moale. Acesta este grafitul.

În rețeaua cristalină a grafitului, fiecare atom de carbon este de asemenea legat de alți patru, dar, spre deosebire de diamant, toți acești atomi sînt dispuși în același plan. Ei sînt slab legați între ei, și de aceea grafitul este ușor stratificat sub formă de solzi, ale căror suprafețe alunecă unele pe celelalte. Această proprietate permite utilizarea sa în calitate de unsoare solidă.

Grafitul are culoare închisă și este complet opac. Conduce bine curentul electric.

În natură, grafitul formează zăcăminte întregi. El poate fi obținut și pe cale artificială, prin încălzirea cărbunelui curat pînă la cîteva mii de grade, fără să vină în contact cu oxigenul. Dacă diamantul este pus în condiții analoge (la temperaturi în jur de 2 000°C), el trece în grafit. Aceasta dovedește că grafitul — în condițiile obișnuite — este cea mai stabilă formă de carbon.

În prezent, grafitul are o utilizare largă în industrie. Din el se fac diverse contacte rotative, electrozi pentru cuptoare electrice, cărbuni pentru aparate de proiecție, creuzete pentru topirea metalelor și, în sfîrșit, mine pentru creioanele obișnuite.

Savanții au observat că grafitul pur aproape nu absoarbe neutronii emiși prin fisiunea uraniului și în același timp acționează ca un bun moderator al acestora. În afară de aceasta, grafitul este ieftin, se prelucrează cu ușurință și nu are de suferit datorită temperaturii înalte sau a radiațiilor reactorului. Toate aceste calități au făcut ca grafitul să fie un material de neînlocuit în tehnica atomică.

Cea de-a treia stare alotropică a carbonului se întîlnește în natură sub forma funinginii obișnuite și a cărbunilor de pămînt sau de lemn. Sortul superior — antracitul — conține peste 95% carbon, restul fiind impurități: compuși ai carbonului cu hidrogenul, sulf și diferiți compuși ai siliciului, care prin ardere formează cenușă și zgură.

Cărbunele este larg utilizat în metalurgie pentru obținerea fontei. Cu cît este mai bună calitatea cărbunelui, cu atît mai curată este fonta. De aceea cărbunele este inițial purificat prin transformarea lui în cocs. În vederea cocsificării, cărbunele este încălzit puternic în absența aerului; compușii organici volatili și o parte din sulf se vaporizează, formînd gazul de cocserie, care și el reprezintă o materie primă prețioasă. Cocsul care rămîne după cocsificarea cărbunilor de pămînt este utilizat în industria metalurgică.

De multă vreme, pentru obținerea fontei se utiliza și cărbunele de lemn — mangalul. Înainte, cînd oamenii nu știau să obțină cocs din cărbune, întreaga cantitate de fontă se obținea cu ajutorul cărbunilor de lemn. Aproape toate pădurile din Anglia au fost transformate în mangal pentru industria metalurgică.

Mangalul și-a cîștigat reputație și ca excelent absorbant de gaze. Această capacitate o au și multe alte substanțe, dar cărbunele de lemn (în special cel de mesteacăn) nu are concurenți. Un volum de cărbune de lemn este capabil să absoarbă la temperatura camerei pînă la 200 de volume de aer și o cantitate mult mai mare de gaze otrăvitoare: clor, fosgen și altele, așa de mare este porozitatea cărbunelui. De aceea cărbunele de lemn se utilizează cu succes în măștile de gaze, înlocuind filtrele chimice complicate.

Capacitatea de absorbție a cărbunelui răcit cu aer lichid este însă de zece ori mai mare. Această proprietate este utilizată în laboratoare pentru înlăturarea aerului și crearea de depresiuni. Între altele, carbonul este unul dintre cele mai greu fuzibile substanțe. Se topește la temperatura de circa 3 700°C.

Din punct de vedere chimic, carbonul este puțin activ. Cu toate acestea, el este „inert" numai în condiții obișnuite. La temperaturi suficient de înalte reacționează cu multe elemente — metale și nemetale.

Dintre cele trei stări alotropice, cel mai activ este cărbunele amorf. Prin încălzire la aer, acesta se combină energic cu oxigenul, formînd bioxid de carbon. Dacă arderea se face în prezenţa unei cantităţi mai reduse de oxigen, se obţine gazul asfixiant — oxidul de carbon CO. Cu sulful, cărbunele formează un compus foarte important: sulfura de carbon, unul dintre solvenţii cei mai buni ai grăsimilor, uleiurilor şi răşinilor, care se utilizează la fabricarea mătăsii artificiale prin procedeul viscoză. Asupra proprietăţilor chimice ale carbonului vom mai reveni.

Cel mai important compus al carbonului

Acest compus nu numai că este cel mai important, dar este şi cel mai răspîndit. Bioxidul de carbon se află în atmosferă (0,03 %), precum şi dizolvat în apa rîurilor şi a mărilor; el se degajează în cantităţi uriaşe în erupţiile vulcanice şi, prin urmare, se găseşte în adîncurile Pămîntului. Este interesant că pe planeta Venus se găseşte în cantitate mult mai mare decît în atmosfera terestră.

Bioxidul de carbon este continuu transformat de plante în substanţe organice. Cu plantele se hrănesc animalele, care elimină prin respiraţie bioxid de carbon, şi astfel carbonul revine în atmosferă. Bioxidul de carbon este redat atmosferei şi prin procesele de fermentare şi putrefacţie. În felul acesta se realizează circuitul carbonului în natură. Acest circuit are însă şi ramificaţii. Cantităţi însemnate de bioxid de carbon pătrund în atmosferă datorită erupţiilor vulcanice. În acelaşi timp, mult bioxid de carbon dizolvat în apa oceanelor sub formă de carbonaţi este utilizat de animalele marine la formarea scheletelor şi a cochiliilor.

În perioadele îndepărtate ale istoriei Pămîntului, imense cantităţi de carbon au fost scoase din circuitul vieţii şi ascunse sub stratele de roci sedimentare, sub formă de depuneri de calcar, cărbune şi petrol.

În timpul ultimului secol, omul, extrăgînd şi arzînd cantităţi mari de minereuri, a mărit cantitatea de bioxid de carbon din atmosferă. Conţinutul său în atmosferă în prezent este în uşoară creştere. Dar bioxidul de carbon nu serveşte numai drept hrană pentru plante, ci şi drept „plapumă“ protectoare a Pămîntului. El îngăduie trecerea raze-

lor solare care încălzesc suprafaţa terestră, dar reţine razele infraroşii pe care Pămîntul le radiază în spaţiul cosmic. Dacă din atmosferă ar lipsi bioxidul de carbon, clima planetei noastre ar fi fost mult mai rece şi mai uscată. De aceea activitatea omului, făcînd să se mărească treptat conţinutul de CO_2 din atmosfera Pămîntului, va duce cu timpul la încălzirea planetei noastre şi la mărirea umidităţii.

Bioxidul de carbon nu este chiar aşa de puţin dăunător organismului uman cum ar putea să pară la prima vedere. Cînd conţinutul său în aer depăşeşte 3%, au loc tulburări serioase ale organismului. La o concentraţie de 10% intervine moartea aproape subită, în urma opririi respiraţiei.

În practica zilnică, bioxidul de carbon se utilizează, sub formă de gheaţă uscată (bioxid de carbon solid), în special în instalaţiile de răcire.

Baza „aurului negru"

Petrolul este un amestec de diverşi compuşi ai carbonului care se întîlnesc în natură. În compoziţia lui intră hidrocarburi şi compuşi organici mai complecşi. Petrolul este prelucrat în uzinele chimice. La început se distilează din petrol moleculele cele mai uşoare, care constituie benzina, apoi lampantul şi, în sfîrşit, uleiurile. Amestecul care rămîne este denumit păcură şi se utilizează drept combustibil la fabricarea oţelului în cuptoarele Siemens-Martin şi în focarele locomotivelor, vapoarelor şi centralelor electrice. Produsele obţinute prin prelucrarea păcurii se utilizează la fabricarea substanţelor explozive, a coloranţilor, a medicamentelor şi a materialelor plastice.

Se spune adesea că petrolul formează sub pămînt „lacuri" şi chiar „mări". Într-adevăr, nu rareori se întîmplă ca, după săparea sondelor, petrolul să ţîşnească sub forma unei fîntîni arteziene. O astfel de fîntînă arteziană poate „să producă" de la 100 pînă la 1 000 de tone de petrol pe zi. Cu toate acestea, petrolul nu se strînge în rezervoare naturale, ci se îmbibă în rocile poroase, afînate, ca într-un burete, şi ajunge la suprafaţă numai datorită presiunii stratelor superioare ale Pămîntului şi a gazelor dizolvate. Dacă însă presiunea petrolului este insuficientă, trebuie să fie scos

cu ajutorul pompelor. Atunci, pentru menținerea presiunii necesare în punga de petrol se introduce apă.

Dacă proveniența vegetală a cărbunilor naturali nu este pusă de nimeni la îndoială, în privința provenienței petrolului nu există nici pînă azi un punct de vedere unitar. Unii cercetători, printre care și Mendeleev, au considerat că petrolul s-a format din compuși minerali — carburi metalice și apă. Dacă aceasta este adevărat, ar trebui ca zăcămintele de petrol să fie situate în special în zonele vulcanice. Dar din 10 000 de zăcăminte de petrol cunoscute pe Pămînt, numai 30 sînt dispuse în apropiere de locurile care prezintă fisuri ale scoarței, iar celelalte se află sub roci sedimentare care niciodată nu au venit în contact cu magma incandescentă.

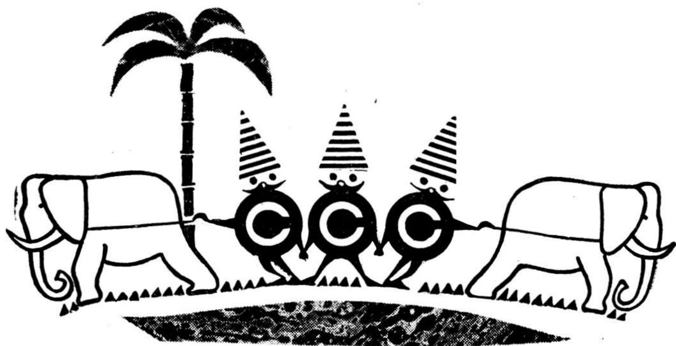
De aceea majoritatea savanților sînt în prezent de altă părere, și anume că petrolul s-a format din resturi de plante și animale de-a lungul vremurilor. Dacă aceste resturi ajung într-un mediu care conține oxigen, ele se descompun, formînd cărbunii fosili. Dacă însă mediul este sărac în oxigen, se formează petrolul. Cărbunele rămîne la locul de formare, în timp ce petrolul migrează sub pămînt și se poate împrăștia dacă nu întîlnește condiții favorabile de acumulare, în special sub stratele de argilă.

Cînd stratele superioare ale rocilor sînt impermeabile și pentru gaze, hidrocarburile cele mai ușoare — metanul, etanul etc. — se acumulează și ele sub pămînt și formează zăcăminte de gaze naturale. Gazele naturale reprezintă în prezent una din cele mai ieftine și mai prețioase materii prime pentru industria chimică.

Carbonul în chimia anorganică

Din punctul de vedere al numărului și al diversității compușilor săi, carbonul lasă în urmă toate celelalte elemente chimice din tabelul lui Mendeleev luate laolaltă.

În combinație cu hidrogenul, oxigenul, azotul, sulful și fosforul, el formează aproape toți compușii organici existenți în natură și sintetizați în laborator. Pînă în prezent se cunosc peste două milioane de compuși organici, iar teoretic este posibilă existența unui număr infinit de mare de astfel de compuși. A. Nesmeianov a făcut o comparație deosebit de sugestivă, spunînd că limbajul chimiei organice este un



limbaj al cărui alfabet constă în total din șase litere, dar al cărui fond de cuvinte crește mereu și încă de pe-acum greu ar putea fi cuprinse în sute de tomuri voluminoase.

Diversitatea compușilor organici este condiționată de capacitatea atomilor de carbon de a forma legături extraordinar de stabile unul cu celălalt. Lanțurile formate din atomii de carbon pot atinge lungimi foarte mari și în același timp pot fi foarte stabile, în timp ce chiar lanțurile foarte scurte ale atomilor altor elemente sînt, în majoritatea cazurilor, puțin rezistente. Astfel, pentru oxigen, lungimea maximă a lanțurilor este de 2 atomi; compușii care conțin astfel de lanțuri sînt foarte puțin stabili. Pentru carbon s-au obținut lanțuri perfect stabile care conțin peste 70 de atomi de carbon.

Elementul carbon are însă și în chimia anorganică un rol important. În special trebuie menționați bioxidul de carbon și derivații acestuia.

Dizolvîndu-se în apă, bioxidul de carbon formează un acid slab, acidul carbonic H_2CO_3.

În stare pură, acest acid este imposibil de obținut, fiind instabil. Dimpotrivă, sărurile acidului carbonic — carbonații și bicarbonații — sînt compuși stabili. Cele mai importante dintre acestea sînt carbonatul de sodiu Na_2CO_3 sau soda, și carbonatul de potasiu K_2CO_3, sau potasa. Dacă metalul a substituit în molecula acidului carbonic numai un singur atom de hidrogen, se obțin bicarbonații. Cel mai important bicarbonat este bicarbonatul de sodiu $NaHCO_3$.

Un alt compus important al carbonului cu oxigenul este oxidul său, CO.

Oxidul de carbon se formează prin arderea cărbunelui într-o cantitate insuficientă de oxigen pentru ca arderea să fie completă. Cînd nu este destul oxigen, în partea inferioară a cuptorului, unde există încă oxigen, arderea este completă și se formează bioxidul de carbon: $C + O_2 \rightarrow CO_2$, pe cînd în partea superioară a cuptorului o parte din cărbunele incandescent vine în contact nu cu aerul, ci cu bioxidul de carbon format. În aceste condiții se formează oxid de carbon: $CO_2 + C \rightarrow 2CO$.

Oxidul de carbon este numit uneori gaz asfixiant, deoarece este extrem de otrăvitor. Otrăvirea cu oxid de carbon (asfixia) are loc de obicei cînd coșul este închis înainte de vreme. În cazul otrăvirii cu oxid de carbon, sîngele pierde capacitatea de a fixa oxigenul și de a-l ceda țesuturilor organismului. Aceasta poate duce la moartea omului.

Oxidul de carbon are un caracter nesaturat și de aceea adiționează cu aviditate alte molecule sau alți atomi. De exemplu, la temperaturi de circa 500°C sau pur și simplu la lumină, oxidul de carbon „captează" doi atomi de clor, formînd compusul toxic binecunoscut — fosgenul: $CO + Cl_2 \rightarrow COCl_2$.

Fosgenul este și un reactiv foarte prețios pentru obținerea multor compuși organici complecși. La temperatură ridicată și la presiuni mari, oxidul de carbon se combină cu metalele; în felul acesta se obține, de exemplu, un compus volatil al fierului, pentacarbonilul de fier $Fe(CO)_5$.

Prin arderea oxidului de carbon se degajează o cantitate mare de căldură, de aceea acest gaz este fabricat în generatoare speciale și utilizat ca gaz combustibil.

În procesul de gazificare subterană a cărbunelui se formează în măsură considerabilă oxid de carbon, care apoi este trimis, prin conducte, la suprafață și utilizat.

Cu ajutorul oxidului de carbon se poate fabrica acidul cianhidric, HCN, de exemplu prin reacția cu amoniacul: $CO + NH_3 \rightarrow HCN + H_2O$.

Acidul cianhidric este una din cele mai puternice otrăvuri.

La temperaturi înalte, carbonul se poate uni cu multe metale, formînd carburi. Cele mai cunoscute carburi sînt carburile de wolfram. Acestea sînt de neînlocuit la fabricarea unor aliaje de o duritate foarte mare, care atinge aproape pe aceea a diamantului.

Cel mai simplu compus al carbonului cu hidrogenul, care se găsește la limita dintre compușii organici și cei anorganici, este gazul metan, CH_4. Acesta se obține, la temperatură ridicată, direct din carbon și hidrogen. În natură, metanul se formează prin descompunerea compușilor organici în absența aerului. Metanul este componentul principal al gazelor naturale.

Atomii de hidrogen din metan pot fi înlocuiți parțial sau total cu atomi de halogeni. Prin înlocuirea a trei atomi de hidrogen cu trei atomi de clor se obține cloroformul ($CHCl_3$) care se utilizează pe scară largă în medicină, iar dacă toți atomii de hidrogen sînt înlocuiți cu clor se formează tetraclorura de carbon CCl_4, un solvent foarte bun, neinflamabil. Diferitele amestecuri de compuși halogenați, ca CCl_2F_2, $CClF_3$ etc., poartă denumirea de freoni și se utilizează în tehnica frigului.

În orice caz, și din punctul de vedere al diversității compușilor anorganici, carbonul ocupă un loc de frunte printre elementele sistemului periodic.

Siliciul – „zeul" naturii anorganice

Siliciul este un remarcabil element chimic, ai cărui atomi sînt foarte larg răspîndiți pe Pămînt. Cu toate că scoarța planetei noastre este compusă dintr-un număr foarte mare de minerale care nu se aseamănă unul cu celălalt, siliciul ocupă un loc de seamă în cele mai multe dintre acestea. Siliciul reprezintă circa 30% din greutatea scoarței terestre. Îl găsim în toate plantele.

În cantități reduse, siliciul intră de asemenea în constituția organismelor vii, iar unele microorganisme utilizează acidul silicic, dizolvat în apa oceanelor pentru construirea scheletelor lor. În organismul uman siliciul se află într-o proporție mai mică de 0,1% și, pînă în prezent, rolul său biologic este neclarificat.

Ca și atomii de carbon, atomii de siliciu sînt tetravalenți. Aceasta înseamnă că pot adiționa cîte patru atomi monovalenți, ca, de exemplu, de hidrogen sau de fluor. Activitatea chimică relativ mare a acestui element face ca el să nu poată fi întîlnit în natură în stare liberă.

Cea mai favorabilă cuplare se realizează între orbitele electronice ale unui atom de siliciu și a doi atomi de oxigen, ceea ce duce la nașterea bioxidului de siliciu. Acesta este un compus solid, greu fuzibil și puțin reactiv. Bioxidul de siliciu se întîlnește în natură sub diferite forme. Cele mai frecvente sînt filoanele de cuarț care taie mineralele mai puțin dure sau produsul de eroziune al rocilor — nisipul alb de cuarț.

Mai rar se întîlnesc anumite varietăți de cuarț colorate datorită prezenței unor impurități: jasp, agat, calcedonie, crisopraz, onix, opal.

De obicei cuarțul constă din numeroase cristale mici transparente, lipite între ele. El este foarte dur, mai dur decît multe alte minerale. În procesul de erodare a rocilor, cuarțul este distrus ultimul, formînd „resturi“ de filoane de cuarț; produsul de distrugere al acestor filoane — nisipul de cuarț — conține frecvent aur (nisip aurifer și chiar bucăți de metale în stare nativă pînă la cîteva kilograme). Deosebit de dure sînt formele sedimentare ale cuarțului: jaspul și agatul. Din jasp și agat se obțin podoabe frumoase și unele detalii tehnice: mojare chimice, prisme pentru balanțele de precizie, lagăre pentru ceasuri și pentru aparatele de măsură.

Destul de frecvent se întîlnesc în natură cristale mari transparente de cuarț, denumite cristal de stîncă. Una din aceste bucăți de cristal, găsită în Madagascar, avea lungimea de 8 metri.

Înainte vreme cristalul de stîncă servea numai la obținerea de podoabe, dar, după ce s-au descoperit proprietățile minunate ale acestui mineral frumos, utilizările în știință și în tehnică au devenit predominante. Dacă se comprimă o placă de cuarț (obținută prin tăierea unui cristal de cuarț după o anumită direcție) pe fețele acesteia apar sarcini electrice. Datorită acestei proprietăți, cristalele de cuarț sînt denumite piezoelectrice.

Proprietăți similare au și alte substanțe, ca, de exemplu sarea Seignette. Dar în cazul cuarțului aceste proprietăți sînt dublate de proprietăți mecanice extraordinare. El este foarte rezistent și elastic. Dacă se confecționează din cuarț un diapazon și se introduce sub un clopot de sticlă sub care se face vid, acest diapazon poate oscila ore întregi. Temperatura aproape că nu are nici o influență asupra cuarțului; coeficientul său de dilatare este extrem de mic.



Dacă pe fețele unei plăcuțe de cuarț, acoperite cu cîte un strat de metal, aplicăm un curent electric alternativ, plăcuța intră în mișcare oscilatorie. Oscilațiile se intensifică pînă ce intră în rezonanță, adică frecvența cîmpului electric devine egală cu frecvența oscilațiilor proprii. Plăcile de cuarț piezoelectric sînt larg folosite în tehnică. Cu ajutorul acestora se stabilizează lungimea de undă a stațiilor de radio sau se obțin ultrasunetele. Plăcile de cuarț piezoelectric se utilizează pentru fabricarea ceasurilor „de cuarț" de mare precizie sau pentru măsurarea presiunilor înalte care apar, de exemplu, în țevile de tun.

Savanții au stabilit că cuarțul este transparent nu numai pentru razele vizibile, dar și pentru razele ultraviolete. De aceea din cristal de stîncă se fabrică detalii ale aparatelor optice cele mai precise — lentile și prisme.

Bioxidul de siliciu este compusul cel mai simplu al siliciului, dar nu și cel mai răspîndit în natură. O cantitate mult mai mare de siliciu intră în compoziția mineralelor care alcătuiesc baza scoarței terestre: bazaltul, granitul, gnaisul și altele.

Multe minerale care conțin siliciu au o largă utilizare. Sînt de neînlocuit prin proprietățile lor mica și azbestul. Cristalele de mică se clivează foarte ușor, formînd foițe

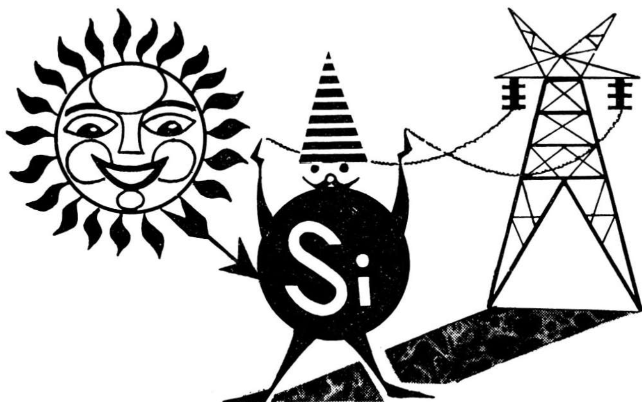


subțiri. Mica este utilizată la confecționarea diferitelor elemente de încălzire, a condensatoarelor electrice de bună calitate, a ferestrelor foarte subțiri pentru contoarele de numărat particule în fizica atomică. În antichitate, pe vremea cînd oamenii nu știau încă să fabrice geamuri de sticlă, la ferestre erau puse plăci de mică.

Azbestul — un mineral alb, fibros — reprezintă un minunat izolator electric și termic, care rezistă la temperaturi de peste 1 000°C. Din azbest se fabrică carton și țesături refractare, iar din azbest și ciment azbocimentul, renumit material de construcție, care îmbină rezistența cimentului cu elasticitatea azbestului.

Proprietățile siliciului

Multă vreme savanții nu au reușit să obțină siliciu de înaltă puritate și să-i studieze proprietățile. În prezent, însă, oamenii de știință au reușit să obțină siliciu de puritatea 99,999% și chiar mai mare. Siliciul pur formează cristale solide de culoare gri ca oțelul, în care dispoziția atomilor este aceeași ca în diamant. Dar în timp ce



diamantul este un bun izolant, siliciul este un semiconductor. Siliciul ultrapur este de neînlocuit pentru fabricarea fotoelementelor solare, care se caracterizează printr-un randament ridicat.

Fotoelementul solar de siliciu este o placă metalică acoperită cu un strat semitransparent de siliciu. Lumina solară scoate din atomii de siliciu electroni; se creează astfel un curent electric. Bateriile „solare“ cu fotoelemente de siliciu alimentează cu curent electric navele cosmice.

Din siliciu se confecționează diode și triode semiconductoare. Acestea se utilizează în radiotehnică la confecționarea aparatelor de recepție, a amplificatoarelor, a radiolocatoarelor și a diferite aparate.

La temperatura obișnuită siliciul este un compus inert. La cald însă reacționează cu aproape toate elementele. Cei mai importanți compuși ai siliciului sînt compușii naturali — mineralele — , despre care s-a vorbit, și numeroasele săruri ale acidului silicic H_2SiO_3. Acesta este un acid foarte slab și formează în apă nu o soluție propriu-zisă, ci o soluție coloidală. Soluția coloidală este o suspensie foarte fină: la lumină apare tulbure, dar nu sedimentează, deoarece particulele de substanță sînt foarte mici. Aproape toate sărurile acidului silicic nu sînt solubile în apă. Unele din acestea — feldspaturile — sînt larg răspîndite în natură. Se dizolvă bine numai sarea de sodiu a acidului

silicic Na_2SiO_3. Soluția sa în apă poartă denumirea de sticlă solubilă și se utilizează la prepararea cleiului și ca compoziție refractară pentru îmbibarea țesăturilor și a lemnului.

Sticla

Dacă n-ar fi fost siliciul, nu ar fi existat nici sticla. În prezent se cunosc multe sorturi de sticlă.

Sticla obișnuită este o sare complexă a acidului silicic $Na_2CaSi_6O_{14}$ sau $Na_2O \cdot CaO \cdot 6SiO_2$. Aceasta se fabrică în cuptoare mari[1], topind nisip, SiO_2, cu calcar, $CaCO_3$ și cu sodă, Na_2CO_3. Impuritățile de fier colorează sticla în galben-verde. Dacă este nevoie să se obțină o sticlă colorată, se adaugă în topitură diverse substanțe: săruri de cobalt pentru albastru, săruri de crom pentru verde etc. Pentru obținerea sticlelor decorative cu luciu puternic („cristalin") se adaugă săruri de plumb.

Sticla obișnuită are un mare neajuns: se sparge cu ușurință la lovire și crapă prin încălzire neuniformă. Pentru industria de automobile se fabrică sticlă incasantă, călită în mod special. Datorită călirii, stratul exterior de sticlă este puternic comprimat, iar cel inferior este destins. Această sticlă este mai rezistentă decît cea obișnuită și, dacă totuși se sparge, cioburile nu sînt ascuțite.

Pentru fabricarea veselei de laborator se utilizează tipuri speciale de sticlă, „Pirex", „Jena", „Duran", „Razoterm" etc., iar pentru temperaturi și mai înalte bioxid de siliciu (cuarț) topit. Aceasta aproape că nu se dilată la încălzire, de aceea poate fi încălzită la roșu și introdusă în apă rece fără să crape. În unele sorturi de sticlă sînt sudate fire metalice. Acestea se utilizează la becurile electrice și la lămpile de radio.

Deosebit de minuțios — după rețete speciale, care trebuie respectate cu strictețe — se obține sticla optică. Obiectivul telescopului sau al aparatului de fotografiat dă o imagine bună numai dacă este confecționat dintr-o sticlă optică absolut transparentă. Pentru ca detaliile din sticlă optică să nu-și modifice forma la șlefuire, se respectă la prelucrare un

[1] Producția industriei sticlei a atins în 1963 în R.P.R., un nivel de 734% față de anul 1938 (*N.t.*).

regim termic anumit. Cele mai bune rezultate sînt date de obiectivele ale căror lentile sînt confecționate din sticlă kronglass și flintglass. Din kronglass, care este de densitate mai mică, se fabrică lentilele convexe, iar din flintglass (mai dens), lentilele concave. O astfel de asamblare a lentilelor permite obiectivului să concentreze toate razele de diferite culori într-un singur punct fără să rezulte benzi colorate la marginile imaginii.

Ceramica

Obiectele de ceramică se utilizează în viața de toate zilele din cele mai vechi timpuri. Obiecte ceramice sînt și cărămizile. Ele se confecționează dintr-un amestec umed de argilă și nisip, după care se usucă și se ard. Amestecul ars se sinterizează și încetează de a mai absorbi apă și de a permite trecerea acesteia.

Practica olăritului este de asemenea cunoscută de foarte multă vreme. Olarul reușește cu măiestrie, cu ajutorul roții sale — o măsuță rotativă — și al mîinilor, să transforme în oale, căni, farfurii, bulgării de argilă frămîntată cu apă. Vasul, odată terminat, este acoperit cu desene și pus la uscat. O condiție obligatorie a realizării oricărui obiect de ceramică este arderea. Cu cît temperatura la care se ard obiectele este mai ridicată, cu atît mai bună este calitatea lor.

Vasele de faianță și de porțelan se confecționează din același sort de argilă albă, caolin ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot H_2O$), dar cele de porțelan sînt supuse arderii la temperatură mult mai ridicată, de aceea sînt semitransparente. Vasele de faianță și de porțelan sînt acoperite cu un smalț subțire de sticlă ușor fuzibilă.

Articolele de ceramică joacă un rol foarte important în tehnica modernă[1]. Ele se utilizează pe scară mare în construcții, precum și în industria electrotehnică și în radio-

[1] Prin proprietățile lor mecanice, termice, electrice bune, atît masele ceramice clasice, cît și masele ceramice speciale cu însușiri deosebite de refractaritate, etanșeitate la vid, impermeabilitate la gaze, rezistență electrică, pierderi dielectrice reduse etc. constituie un factor important în continua dezvoltare a tehnicii moderne.

Masele ceramice speciale pe bază de silicați de litiu, cu coeficienți de dilatare reduși și în unele cazuri chiar negativi, precum și pe bază

tehnică. S-au fabricat sorturi speciale de porțelan pentru uz radiotehnic, care conțin, în afară de caolin, și multe alte substanțe chimice și care posedă proprietăți izolatoare ridicate.

Prin ce mai este interesant siliciul

În afară de sticlă și ceramică, siliciul mai formează mulți compuși importanți și utili. Compusul siliciului cu carbonul — carborundul (carbura de siliciu, SiC) se obține prin calcinarea unui amestec de SiO_2 cu cărbune. Acest compus nu este inferior ca duritate decît diamantului și constituie unul din materialele de bază pentru fabricarea pietrelor de polizor și a șmirghelului, care se folosesc la șlefuirea celor mai dure oțeluri.

Siliciul, ca și carbonul, poate forma lanțuri din mai mulți atomi de același fel. Se cunosc compușii siliciului SiH_4 (silanul), Si_2H_6 pînă la Si_6H_{14}, dar aceștia sînt mult mai puțin stabili comparativ cu hidrocarburile și se aprind de la sine în aer. Și aici, ca și în alte cazuri, se vede tendința siliciului de a forma cel mai stabil compus: SiO_2. În cazul

---

de silicat de zirconiu, siliciură de beriliu, de azot, de bor, de molibden, etc. cu refractaritate foarte înaltă, duritate foarte mare și proprietăți electrice remarcabile, care pot fi folosite în condiții în care alte materiale, inclusiv metalele, sînt necorespunzătoare sau au o aplicabilitate redusă, au deschis perspective de nebănuit tehnicii temperaturilor înalte, a vidului înaintat, a frecvențelor înalte, a microundelor, a exploatării spațiului cosmic etc.

Prin aplicarea procedeului de obținere a maselor ceramice pe baza cristalizării dirijate a unor sticle pe bază de silicați de compoziție specială, s-au realizat, în ultima vreme, mase ceramice vitrocristalizate cu proprietăți fizice și chimice deosebite, pentru aproape toate domeniile tehnicii moderne. Aceste din urmă mase ceramice fac legătura între domeniul sticlei și cel al ceramicei fine. Dintre ele, primul produs realizat este porțelanul din sticlă romînesc. Din punct de vedere structural masele ceramice vitrocristalizate reprezintă sisteme obținute din sticle omogene prin cristalizarea dirijată a acestora. Spre deosebire de masele ceramice obișnuite, în care cristalele au diferite mărimi și forme, sînt neuniform distribuite în masă și au de cele mai multe ori resturi de cristale din materia primă, neintrate în reacție, masele ceramice vitrocristalizate au o structură perfect omogenă din punctul de vedere al gradului de cristalizare și al dimensiunilor cristalelor *(N.t.)*.

carborundului se vede că legătura atomilor de siliciu cu atomii de carbon Si — C este extrem de puternică. Savanții au utilizat această „rezistență“ și au preparat uleiuri, lacuri și alte substanțe în moleculele cărora unii atomi de carbon au fost înlocuiți cu atomi de siliciu. S-au obținut lanțuri silicocarbonate mixte foarte rezistente. Astfel de compuși denumiți silicoorganici, sînt foarte stabili și nu se tem de temperaturile înalte. În prezent, compușii silicoorganici se utilizează la fabricarea uleiurilor stabile la temperatură, a lacurilor și a emailurilor. Electromotorul bobinat cu sîrmă a cărei izolație este făcută cu lac silicoorganic are o putere de două ori mai mare în comparație cu același motor cu bobinaj obișnuit.

Instabilitatea legăturii Si — Si pledează în favoarea imposibilității existenței vieții fără compuși ai carbonului. Fără atomii de carbon, atomii de siliciu nu formează niciodată lanțuri așa de lungi cum formează atomii de carbon. De aceea fanteziile științifice că „în alte lumi“ poate fi cu totul altă viață, bazată pe compuși ai siliciului, sînt, după părerea noastră, nefundate.

Rolul compușilor siliciului în viața omului crește în ritm rapid. Piatra, cimentul și ceramica înlătură metalul cu existență efemeră. Tot mai larg se utilizează sticla, emailul, se efectuează cu succes experiențe pentru obținerea de piese turnate din piatră. Siliciul pur devine un material de neînlocuit în radiotehnică. În tehnică pătrund tot mai mult compușii silicoorganici termostabili.

„FĂRĂ VIAȚĂ“ SAU FACTOR AL VIEȚII ?

Puține elemente au mai avut atîta ghinion cu denumirea lor ca azotul. *Azotikon* înseamnă în limba greacă „fără viață“. În limba germană azotul este denumit *Stickstoff*, adică „substanță sufocantă“... Și, cu toate acestea, viața și azotul sînt inseparabile.

„*Viața este modul de existență a corpurilor albuminoide*“ a spus Engels[1], iar fără azot albuminele — și în general proteinele, care stau la baza materiei vii — nu pot exista.

Întreaga imensitate a plantelor și a organismelor vii de pe Pămînt constă în special din patru elemente, despre care se poate spune prin cuvintele lui Schiller:

„Patru elemente
Într-un tot s-au unit
Au creat viața
Și lumea au construit“.

Aceste patru elemente sînt: carbonul, hidrogenul, oxigenul și azotul. Cît despre denumirea azotului, ea se datorește inerției chimice a acestui element. La temperatura camerei, azotul se combină numai cu litiul. Într-adevăr, cei doi atomi din care constă molecula de azot sînt foarte strîns legați. Pentru ca din 100 de molecule de azot 5 să se scindeze concomitent în atomi, este nevoie ca temperatura să fie de 3 500°C, iar pentru ca să se scindeze 40 de molecule din 100 este nevoie de temperatura colosală de 8 000°C. Este evident de ce în condiții obișnuite azotul nu reacționează cu oxigenul și cu hidrogenul.

La temperaturi ridicate și la un conținut redus de oxigen, activitatea chimică a azotului crește. Azotul le creează multe dificultăți metalurgiștilor. Ei îl înlătură din topitu-

---

[1] F. Engels, *Anti-Dühring*, E.S.P.L.P., București 1955, p. 94.



rile metalice, trecîndu-l în zgură cu ajutorul unui metal, titanul, care se combină cu mare aviditate la acea temperatură cu azotul.

În scoarța Pămîntului, în atmosferă, pe planetele îndepărtate

Cea mai mare parte din azot se află în atmosferă. Pe fiecare metru pătrat de suprafață terestră revin opt tone de azot atmosferic; o asemenea cantitate este în stare să asigure alimentarea plantelor timp de mai mult de 1 000 000 de ani.

În scoarța Pămîntului, cantitatea lui de-abia atinge 0,4% în greutate. Și nu este de mirare, deoarece azotul este inert. De aceea uimitor este altceva: cum de se află și sub formă de compuși chimici? Asupra acestei probleme există multe teorii. Conform uneia din ele, azotul a reacționat cu celelalte elemente într-o epocă geologică îndepărtată, cînd Pămîntul

era o masă topită, vîscoasă, acoperită de o scoarță solidă subțire, perforată uneori, ba într-un loc, ba într-altul, de erupții de vapori și de gaze. Metalele topite reacționau cu azotul, formînd nitruri.

Este posibil ca azotul să se fi fixat ceva mai tîrziu, cînd suprafața Pămîntului se acoperise cu o atmosferă fierbinte și umedă, brăzdată de mii de fulgere de o putere extraordinară. Sub aceste influențe, azotul s-a combinat cu oxigenul, iar ploile torențiale au adus pe Pămînt acidul azotic, care, venind în contact cu metalele și cu anumite săruri ale acestora, a format azotații.

Azotul se găsește și în cosmos sub forma a diverse combinații. Savanții au calculat că, la o temperatură apropiată de zero absolut și la o presiune de aproximativ 250 000 de atmosfere, amoniul metalic este stabil. Aceste condiții există pe planetele îndepărtate și reci ale sistemului solar. Savanții englezi Bernal și Massey presupun că, dacă nu pe Pămînt, atunci pe planetele mari ale sistemului solar — Uranus și Iupiter —, în atmosfera cărora există amoniac, se poate întîlni amoniu metalic, care formează „filoane miniere“ în adîncul planetelor. În condiții obișnuite, amoniul liber — un analog al potasiului și sodiului ca proprietăți chimice — nu poate fi obținut; el se descompune imediat în amoniac și hidrogen.

Atmosfera Soarelui conține azot sub forma de atomi neutri și ionizați; liniile spectrale ale azotului se întîlnesc în comete și în nebuloase.

Organismele vii conțin acest element într-o cantitate destul de mare: 1—10% din greutatea totală de substanță uscată.

Boala adîncurilor

În condițiile obișnuite, azotul este un gaz incolor ceva mai ușor decît aerul, fără miros și fără gust.

Noi nu-l simțim și nu sîntem întru nimic stingheriți de el, dar este suficient să se schimbe condițiile pentru ca acest gaz „să-și arate colții“.

Scafandrul coboară sub nivelul mării și, printr-o conductă flexibilă, este alimentat cu aer. Dar deja la o adîncime de numai cîteva zeci de metri el începe să simtă ceva asemă-

nător beției. În gură simte gustul metalic al azotului comprimat și este cuprins de o veselie fără pricină. Aceasta este narcoza cu azot, o stare denumită frecvent „beția adîncurilor“. Cauza acestui fenomen este faptul că presiunea mărește concentrația azotului dizolvat în sînge și în țesuturile albuminoide și de grăsime.

Dacă ridicarea la suprafață se face lent, excesul de azot dizolvat se îndepărtează. Este foarte important ca înlăturarea din organism a acestuia să se facă prin plămîni, adică tot pe unde a intrat. Dacă însă ridicarea la suprafață se face brusc, azotul se separă în sînge sub formă de bule, fără să reușească să mai ajungă la plămîni. Aceste bule blochează capilarele. În acest caz organismul este în pericol. Apar dureri puternice, omul poate chiar să moară. Pentru a evita blocarea vaselor sanguine, ridicarea la suprafață se face lent, iar aerul obișnuit este înlocuit cu un amestec de heliu și oxigen. Heliul, fiind un gaz ușor și fluid, părăsește cu mai multă ușurință organismul. Scafandrul care s-a ridicat prea repede din adîncuri este introdus într-o cameră ermetică cu presiune mărită în interior, pentru o perioadă destul de îndelungată.

Azotul în stare pură

Răcit pînă la temperatura de — 195,8°C, azotul se transformă în lichid, iar la —210,5°C se solidifică. Azotul se obține prin distilarea aerului lichid.

Azotul lichid se utilizează la congelarea produselor alimentare. Produsul este injectat cu azot lichid. Acesta, filtrîndu-se prin materialul produsului, se evaporă, înlocuind tot aerul din conteiner. Apoi conteinerul se închide ermetic. El poate fi transportat prin orice mijloc, în orice punct al globului pămîntesc, fără răcire suplimentară. Un astfel de conteiner a fost transportat de la New York în Ceylon: produsele au ajuns la locul de destinație, după șase săptămîni de la congelare, în perfectă stare.

Azotul se folosește pentru a crea o umplutură neutră sau un mediu neutru. Cu azot se umplu lămpile electrice.

Acolo unde există benzină, este întotdeauna cu putință să izbucnească incendiu. Pentru a se evita exploziile, la depozitele mari de benzină transvazările se fac sub atmosferă de azot.

În muzee, tablourile valoroase se păstrează în cilindri umpluți cu azot: aerul poate să dăuneze culorilor. Potrivit mărturiei unui contemporan, tabloul lui Repin *Sosit pe neașteptate* uimea, la timpul său, prin strălucirea neobișnuită și prospețimea culorilor; trecerea timpului și aerul le-au făcut însă să se întunece.

Acestea nu sînt însă decît cîteva din utilizările azotului și nu principalele. Cea mai mare parte din azotul obținut pe cale industrială folosește la fabricarea amoniacului.

Marele NH_3

Amoniacul este compusul azotului cu hidrogenul (NH_3). Atomul de azot primește aici trei electroni de la cei trei atomi de hidrogen și cu cei cinci electroni proprii completează opt electroni, căpătînd în felul acesta structura de gaz inert.

În condițiile obișnuite de temperatură și presiune, amoniacul este un gaz ușor, cu un miros puternic, înțepător. El se dizolvă bine în apă. Putem chiar spune că avem în fața noastră cazul celei mai înalte solubilități a unei substanțe în cealaltă: 1 cm^3 de apă rece ca gheața absoarbe 1 176 cm^3 de amoniac. Apa pătrunde ca o fîntînă arteziană în vasul care este umplut cu amoniac. Multă vreme tocmai solubilitatea neobișnuită a amoniacului în apă nu a permis să se obțină acest gaz. Abia în secolul al XVIII-lea Priestley a separat amoniacul, utilizînd pentru captare o baie de mercur.

În aer există întotdeauna cantități neînsemnate de amoniac; putrezind, substanțele organice restituie aerului azotul sub formă de amoniac.

În laborator, amoniacul se obține sub acțiunea hidroxizilor alcalini asupra sărurilor de amoniu, iar în industrie prin unirea directă a azotului cu hidrogenul: $N_2 + 3\ H_2 \rightleftharpoons 2\ NH_3$. Această reacție este o reacție reversibilă tipică. În nici un fel de condiții nu decurge pînă la capăt.

La începutul secolului nostru, chimiștii au încercat să unească azotul cu hidrogenul cu ajutorul presiunilor înalte. Un vas cu un amestec din aceste gaze a fost cufundat în adîncurile oceanului. În 1901 savantul francez Le Châtelier a construit un motor în care amestecul de azot și hidro-

gen era supus unei presiuni de 100 de atmosfere. Savantul a considerat că amestecul comprimat va exploda cu ajutorul unei scîntei, transformîndu-se în amoniac. Experiența nu a reușit: în cilindru a pătruns aer și s-a format un amestec exploziv care a distrus instalația.

Au fost necesari ani îndelungați pentru studierea acestei reacții, în aparență foarte simplă.

În 1910 s-a clarificat că succesul este imposibil dacă nu se utilizează doi factori esențiali: temperatura și presiunea. Savanții au calculat că randamentul maxim de amoniac se obține la o presiune cît mai mare și la o temperatură de reacție cît mai mică.

Presiunea se poate mări pînă la valori foarte mari, dar temperatura... Dacă se conduce procesul la temperatură înaltă, randamentul în amoniac este neînsemnat, iar dacă temperatura este micșorată pînă la limită, viteza de reacție este foarte redusă.

Pentru a rezolva această problemă a fost nevoie de al treilea factor: catalizatorul.

Ce este catalizatorul? Este o substanță care modifică viteza reacției chimice și care, deși participă la reacție, la sfîrșitul ei se regăsește neschimbată, în starea inițială. Majoritatea reacțiilor chimice în natură, în laboratoare, în uzine au loc catalitic. Toate procesele catalitice, atît de variate, pot fi clasificate în două tipuri fundamentale: cataliza omogenă și cataliza eterogenă. Cataliza omogenă are loc cînd atît substanțele care reacționează, cît și catalizatorul se află în aceeași stare de agregare, adică sînt toate în stare fie gazoasă, fie lichidă (soluții). Cataliza eterogenă are loc atunci cînd în reacție participă compuși neomogeni, de exemplu gaze și compuși solizi. Un exemplu de astfel de cataliză este sinteza amoniacului.

În ce constă acțiunea catalizatorului?

La această întrebare este foarte greu de răspuns. Fenomenul de cataliză este încă departe de a fi fost complet studiat. Cercetătorii au puncte de vedere diferite. Aici vom expune numai pe cel mai simplu și îndeobște admis. Însă înainte de a discuta despre schimbarea vitezei reacției chimice, trebuie să precizăm ce anume este aceasta.

Viteza reacției chimice se caracterizează prin modificarea concentrației compușilor reactanți în unitatea de timp. De exemplu, încercați să ardeți în aer o peniță obișnuită de oțel. Aceasta nu este așa de ușor, chiar dacă utilizăm un bec

de gaz. Cel mult reușim s-o încălzim pînă la roșu. Dacă însă penița înroșită este introdusă într-un vas cu oxigen, ea se aprinde și arde cu scîntei. Concentrația oxigenului în vas este de cinci ori mai mare decît în aerul atmosferic. De aceea și viteza de interacțiune a fierului cu oxigenul crește brusc.

Savanții au găsit legea influenței concentrației asupra vitezei reacției chimice. Se numește legea acțiunii maselor și se enunță în felul următor: viteza reacției chimice este direct proporțională cu produsul concentrației substanțelor reactante.

Pentru reacția $A + B \rightarrow C$, această lege se reprezintă prin formula generală

$$V = K[A] \cdot [B],$$

unde V este viteza de reacție, K constanta de viteză, $[A]$ și $[B]$ concentrațiile substanțelor A și B.

Pentru reacția de sinteză a amoniacului $N_2 + 3\ H_2 \rightleftharpoons 2\ NH_3$, ecuația de viteză va fi următoarea:

$$V = K\ [N_2] \cdot [H_2]^3.$$

Care este însă rolul catalizatorului în accelerarea reacției chimice?

În cazul catalizei eterogene, pe suprafața catalizatorului sînt absorbite substanțele reactante. Fiecare moleculă are un cîmp gravitațional exterior. Dacă molecula se găsește în interiorul masei de substanță, cîmpul ei este compensat prin cîmpurile de aceeași natură ale moleculelor vecine. Datorită cîmpului liber de la suprafața corpului pot fi atrase particule din mediul exterior. Are loc adsorbția, adică reținerea la suprafața absorbantului a gazelor, a vaporilor și a compușilor dizolvați.

Așadar, în primul rînd catalizatorul adsoarbe substanțele reactante la suprafața sa, mărindu-le concentrația și deci viteza de reacție.

În afară de aceasta, catalizatorul activează moleculele adsorbite. Acestea devin mult mai active în comparație cu moleculele neadsorbite, se ciocnesc și reacționează cu o frecvență mult mai mare. Ca rezultat, viteza de reacție crește foarte mult.

Trebuie să spunem că substanțele utilizate drept catalizatori acționează foarte selectiv. Catalizatorul este foarte

capricios: o reacție este foarte mult accelerată, în timp ce altele nu sînt de loc influențate. Alegerea unui anumit catalizator pentru o reacție este o problemă foarte complicată. În acest domeniu încă nu sîntem călăuziți de o teorie exactă.

Și, totuși, catalizatorii au în industria chimică un rol de imensă importanță. În cazul sintezei amoniacului, un catalizator ieftin și bun este fierul, tratat în mod special. Urmele de oxid de aluminiu măresc de cîteva ori activitatea catalitică a fierului. Dar, și în prezența unui accelerator atît de puternic, sinteza amoniacului este un proces complicat. Acest proces este efectuat într-o instalație de contact: un cilindru gros construit dintr-un oțel de calitate superioară, capabil să reziste la o temperatură de 500°C și la o presiune de 250—300 de atmosfere. La partea inferioară a instalației se trimite un amestec de azot și hidrogen în raportul 1 : 3. Gazele trec peste stratul de catalizator din interiorul instalației și reacționează, formînd amoniac.

Productivitatea unei asemenea instalații de contact lasă însă mult de dorit. Chimiștii caută s-o mărească în special prin creșterea eficienței catalizatorului. Inginerii și chimiștii sovietici au elaborat metoda de utilizare a catalizatorilor în pat pseudofluidizat, procedeu care nu fusese încă aplicat în cazul reacțiilor care au loc la presiune mare, cum este, de exemplu, reacția de sinteză a amoniacului.

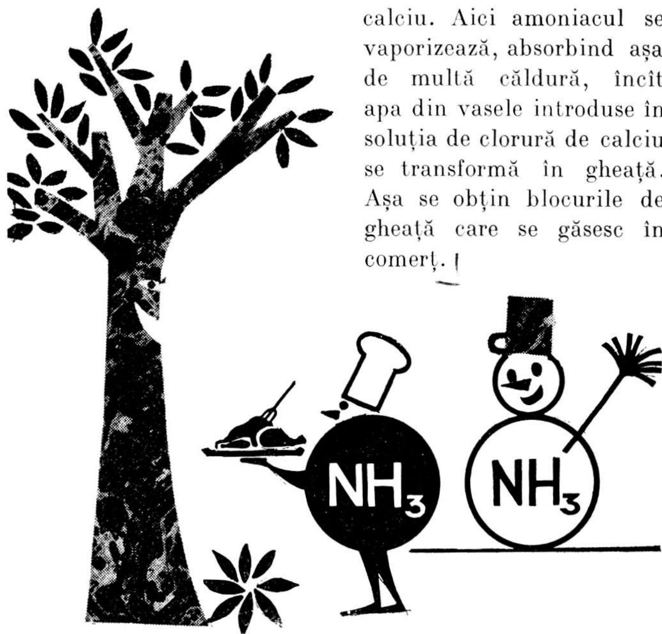
Patul pseudofluidizat reprezintă o stare specială a unor particule solide fine, care, sub influența curentului de gaz trimis pe la partea inferioară, se află parcă într-o stare de fierbere. Catalizatorul nu este așezat pe polițe, ci „fierbe" în curentul de gaze care se află la presiune mare. Este evident că azotul și hidrogenul vor reacționa în acest caz mult mai complet, deoarece în primul rînd în instalație se află mai mult catalizator, iar în al doilea rînd suprafața lui este mai mare. Suprafața de contact este mai mare, deoarece catalizatorul este mai fin divizat, se află într-o mișcare continuă, iar contactul gazelor cu suprafața sa este mai bun.

Cum se produce... frigul

Ce plăcut este, într-o zi zăpușitoare de vară, să bei o limonadă de la gheață sau să mănînci o înghețată. Și ce bine este să nu fii nevoit să te gîndești că untul, salamul sau

peștele proaspăt s-ar putea altera din cauza căldurii! Și într-un caz, și în celălalt instalațiile frigorifice — frigiderele — ne vin în ajutor. Iar acestea funcționează cu amoniac lichid.

Principiul de funcționare al unei mașini frigorifice are la bază faptul că prin comprimarea unui gaz într-un volum limitat are loc încălzirea lui. Răcind gazul comprimat și supunîndu-l destinderii, are loc o răcire puternică. Amoniacul se utilizează ca agent frigorific, deoarece, ca și apa, are o mare temperatură latentă de vaporizare. În instalația frigorifică, amoniacul este continuu comprimat într-o serpentină răcită cu apă. Aici apa preia căldura obținută prin comprimare. Amoniacul este lichefiat și, printr-un orificiu mic, intră în altă serpentină cufundată într-o soluție concentrată de clorură de calciu. Aici amoniacul se vaporizează, absorbind așa de multă căldură, încît apa din vasele introduse în soluția de clorură de calciu se transformă în gheață. Așa se obțin blocurile de gheață care se găsesc în comerț.



Apariția vieții pe Pămînt și amoniacul

Cu foarte mult timp în urmă, condițiile fizice de pe Pămînt erau cu totul altele decît în prezent; majoritatea savanților contemporani sînt înclinați să creadă că, în stadiile mai timpurii de dezvoltare, Pămîntul a avut o atmosferă reducătoare și nu oxidantă ca acum. Această atmosferă conținea metan, amoniac, hidrogen și apă. Amoniacul a jucat, după toate probabilitățile, un anumit rol în apariția vieții.

Atmosfera terestră din acea vreme a fost supusă acțiunii descărcărilor electrice, unei temperaturi înalte și unor puternice radiații ultraviolete. Toate aceste condiții au dus la formarea substanțelor organice.

În prezent, savantul american S. Miller a realizat o sinteză similară în condiții de laborator. Într-un amestec de vapori de apă, hidrogen, metan și amoniac a provocat descărcări electrice timp de o săptămînă, după care în vas s-a constatat un amestec de aminoacizi (glicină, alanină, acid aspartic), care sînt părți constitutive ale proteinelor.

O dată cu apariția plantelor, atmosfera reducătoare a Pămîntului s-a transformat treptat într-o atmosferă oxidantă. Sub influența razelor solare, timp de multe milioane de ani, masa verde a plantelor a legat chimic bioxidul de carbon, eliberînd cantități uriașe de oxigen.

„Seva nitrică a vieții"

Încă din secolul trecut, savanții au ajuns la concluzia că fertilitatea solului este legată de compușii cu azot. Microbiologul V.L. Omelianski scria: „Azotul este mult mai prețios din punct de vedere biologic decît cele mai rare dintre metalele prețioase". Cu aceasta nu se poate să nu fim de acord, deoarece azotul înseamnă, în ultimă analiză, pîinea, carnea, laptele și untul.

Recolta mondială anuală extrage din pămînt 25 000 000 de tone de compuşi cu azot. Pentru a asigura recolta următoare — o recoltă nu mai puţin bună decît precedenta — trebuie să redăm solului azotul luat de plante.

În 1898 cunoscutul fizician englez Crookes a prezis moartea omenirii datorită lipsei de azot. Pămîntul se epuizează, spunea el. Pentru a-i mări fertilitatea este nevoie să fie legat azotul atmosferic, deoarece singurele rezerve de pe Pămînt — cele de salpetru de Chile — se micşorează în ritm catastrofal de la an la an. În acelaşi an, K.A. Timireazev, referindu-se la cele spuse de Crookes, a amintit de experienţele din 1783 ale lui Cavendish, care obţinuse oxid de azot prin descărcări electrice în atmosferă.

La începutul secolului al XX-lea a început studiul intens al reacţiei azotului cu oxigenul.

Această reacţie este reversibilă. Condiţiile optime sînt presiunea atmosferică obişnuită şi temperaturi cît mai înalte.

Şi aici însă savanţii s-au ciocnit de un „dar“. S-a constatat că prin răcire lentă oxizii de azot se descompun în părţile componente. Echilibrul se deplasează la stînga. În faţa inginerilor s-a pus problema ca răcirea să se facă în mod brusc pînă la temperaturi sub 1 000°C.

În ajutorul lor a venit arcul electric. Acesta creează temperaturi foarte ridicate într-o zonă limitată, învecinată cu strate de aer cu temperatură brusc micşorată. La ieşirea din zona scînteilor electrice, oxizii formaţi se răcesc brusc, fără să mai aibă timp să se scindeze în elementele componente.

În 1908 savantul Birkeland şi inginerul Eyde au reuşit să obţină cu ajutorul arcului electric un randament de oxizi de azot între 4 şi 7 %.

De altfel, lui Birkeland şi lui Eyde natura însăşi le-a sugerat mijlocul prin care poate fi fixat azotul atmosferic. După fiecare fulger, ploaia aduce pe Pămînt o cantitate de circa o tonă şi jumătate de oxizi de azot. Într-un an, fulgerele formează pînă la 600 de kilograme de oxizi de azot pentru fiecare kilometru pătrat de suprafaţă terestră. N.A. Zubarev a propus să se dirijeze fulgerele, adică să se îndrepte loviturile acestora spre locurile necesare. El propune să se trimită în atmosferă, înaintea furtunii, un mic balon de cauciuc legat printr-un fir metalic foarte subţire (cu un diametru de ordinul sutimilor de milimetru).

Trăsnetul îl transformă într-o clipă în vapori, însă în felul acesta el este îndreptat spre Pămînt datorită moleculelor ionizate, unind în prealabil azotul cu oxigenul.

Amoniac pentru plante și animale

Înainte de primul război mondial, fixarea azotului prin procedeul arcului electric a fost în măsură considerabilă înlăturat de metoda amoniacală, mult mai economică. Această metodă, elaborată de F. Haber în 1908, a fost descrisă mai înainte.

Cantitatea cea mai mare din amoniacul fabricat este transformată în acid azotic, precum și în săruri de amoniu, folosite ca îngrășăminte minerale.

Dar și amoniacul ca atare are utilizări în agricultură, în special în ultimul timp. Din punctul de vedere al acțiunii sale asupra fertilității solului, el este superior azotatului de amoniu, fiind totodată mult mai ieftin. Amoniacul este însă un gaz și introducerea lui în sol nu este prea comodă; de aceea se utilizează sub formă de îngrășăminte azotate lichide, pentru obținerea cărora există trei procedee de bază. Primul procedeu constă în transformarea amoniacului în amoniac lichid. Al doilea — în dizolvarea în amoniac lichid a azotatului de amoniu sau a ureei. Asemenea soluții sînt denumite amoniacați. Al treilea constă în utilizarea ca îngrășămînt a soluției de azotat de amoniu în apă și permite obținerea unui spor de recoltă de 8 chintale de cereale la hectar și pînă la 25 de chintale la cartofi[1].

Amoniacul lichid reprezintă cel mai concentrat îngrășămînt cu azot: el conține 82% azot. Utilizarea lui este însă considerabil îngreuiată de temperatura sa joasă de fierbere.

Amoniacații conțin pînă la 30—50% azot, dar și ei se transportă greu și provoacă corodarea ambalajelor metalice. Afară de aceasta pot fi utilizați numai pe vreme caldă, deoarece la temperaturi sub 10°C sărurile precipită.

Apa amoniacală (soluție apoasă de amoniac) se păstrează comod și ușor și nu îngheață în timpul gerurilor puternice. Ea conține pînă la 20% azot.

---

[1] În R.P.R., cantitatea de amoniac produsă spre a sluji drept materie primă de bază pentru întreaga gamă de îngrășăminte cu azot se va ridica în 1965 la aproape 350 000 t. (*N. t.*)

Amoniacul servește ca materie primă pentru obținerea unei substanțe prețioase în general și ca îngrășămînt în special, ureea:



$$2\ NH_3 + CO_2 \rightarrow NH_2CONH_2 + H_2O.$$

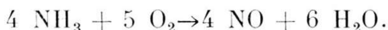
Ureea, prima substanță organică obținută pe cale sintetică, a fost obținută în 1828 de Wöhler, prin evaporarea unei soluții apoase de cianat de amoniu.

Ureea este un îngrășămînt concentrat, care conține circa 46% azot. Din punctul de vedere al conținutului de azot, 100 de kilograme de uree sînt echivalente cu 300 de kilograme de azotat de sodiu sau cu 225 de kilograme de sulfat de amoniu. Azotul din uree este foarte ușor asimilat de plante. Este un îngrășămînt bun pentru toate solurile și pentru toate culturile agricole. În pămînt ureea se descompune în bioxid de carbon și amoniac, care apoi se oxidează, trecînd în acid azotic. Plantele sînt în felul acesta asigurate de hrana azotată ușor asimilabilă. Ureea este foarte utilă și în nutrețul animalelor.

„Apa lui Djabir"

Concomitent cu elaborarea metodei de obținere a amoniacului, savanții și inginerii au studiat procedeele oxidării acestuia în vederea obținerii acidului azotic.

Procesul de oxidare se împarte în cîteva etape:



$$4\ NH_3 + 5\ O_2 \rightarrow 4\ NO + 6\ H_2O.$$

Această reacție se produce la suprafața catalizatorului cînd amestecul de amoniac și aer (1 : 9) trece printr-o sită de platină încălzită la 600°C. Oxidul de azot se oxidează, cu ușurință, trecînd în bioxid. Apoi gazele rezultate intră la partea inferioară a turnului de absorbție. În contracurent pe la partea superioară, se trimite apă pulverizată. Acidul diluat obținut este concentrat în prezența acidului sulfuric, care absoarbe apa. Din amestecul celor doi acizi este apoi distilat acidul azotic. Acidul azotic concentrat poate fi obținut de asemenea prin acțiunea apei sau a acidului diluat cu N_2O_4 lichid și cu oxigen la presiunea de 50 de atmosfere.

Acidul azotic este cunoscut din timpuri străvechi: prima lui descriere se găsește în cartea legendarului alchimist arab Djabir, din secolul al XII-lea, care descrie HNO_3 ca o „apă", și îl consideră o forță uriașă în mîna omului. Și, într-adevăr, acidul azotic este unul dintre compușii chimici cei mai importanți.

În stare pură este un lichid incolor, avînd densitatea 1,5. Acidul azotic concentrat dizolvă toate metalele, cu excepția celor nobile, și acționează distructiv asupra substanțelor organice. Amestecul format dintr-un volum de acid azotic și trei volume de acid clorhidric a căpătat încă din evul mediu denumirea de „apă regală". Acest amestec dizolvă platina și aurul, încît alchimiștii au reprezentat-o prin simbolul „Leul mănîncă Soarele". Dizolvarea metalelor nobile în „apă regală" are loc datorită formării clorului în stare atomică.





Sărurile acidului azotic — de amoniu, de sodiu și de potasiu — sînt excelente îngrășăminte minerale. Azotatul de amoniu — silitra, NH_4NO_3 — este o sare cristalină de diverse culori de la alb la albastru, foarte higroscopică și care nu rezistă la încălzire pînă la 200°C, deoarece se descompune în protoxid de azot și apă. La temperatură mai ridicată explodează. În 1921, la uzina Oppau (Germania) s-a produs explozia a 3 200 de tone de amestec de sulfat de amoniu și azotat de amoniu. Au fost distruse toate construcțiile — industriale sau locuințe — pe o rază de patru kilometri.

Azotatul de amoniu conține 35% azot și se dizolvă cu ușurință în apă. Deoarece nu conține impurități dăunătoare, el constituie un îngrășămînt mineral cu aplicare largă, ușor asimilat de către plante. Azotatul de amoniu este folosit

în amestec cu alte îngrășăminte minerale, în special cu superfosfat, cu săruri de potasiu și cu fosfat de amoniu[1].

Azotatul de sodiu, $NaNO_3$, se aseamănă ca aspect, ca și azotatul de amoniu, cu sarea de bucătărie. Prin păstrare se umezește, iar prin încălzire puternică prezintă pericol de aprindere. Azotatul de sodiu conține numai 15% azot, însă pentru solul care nu conține cernoziom constituie îngrășămîntul cel mai bun, în special pentru culturile de sfeclă de zahăr.

Azotatul de potasiu, ca și azotatul de sodiu, se utilizează cu succes în solurile fără cernoziom, contribuind la micșorarea acidității solului.

„Îmblînzirea" azotului continuă

Chimiștii au găsit mijlocul de a izgoni din agricultură spectrul „foametei de azot" și au rezolvat problema fixării azotului atmosferic. Aceasta însă nu înseamnă de loc că problema este definitiv rezolvată.

Savanții din întreaga lume caută procedee noi, mai ieftine și mai eficiente pentru fixarea azotului. Cercetările se efectuează în două direcții: biologică și tehnică. Azotul „biologic" este azotul din trifoi, lucernă, plante leguminoase, sau, mai exact, azotul bacteriilor care fixează acest element.

---

[1] În anii puterii populare s-au pus bazele industriei de îngrășăminte cu azot din R.P.R., a cărei producție crește vertiginos, ridicîndu-se în 1964 la 108 000 t față de 375 t în 1953 (exprimată în 100% N_2). Au fost construite: combinatul de la Piatra-Neamț și fabricile din Făgăraș și orașul Victoria; sînt în construcție combinatele de la Craiova (de chimizare complexă a gazelor naturale) de la Tg.-Mureș și Turnu-Măgurele. Producția era reprezentată pînă în perioada planului șesenal prin azotat de amoniu granulat cu aproximativ 35% N_2. Datorită preocupării permanente de îmbunătățire a calității îngrășămintelor, s-a trecut în această perioadă la construirea de instalații de uree, cu un conținut de aproximativ 45% N_2 la Piatra-Neamț și Craiova, precum și la construirea de instalații de îngrășăminte compuse, conținînd azot, fosfor și potasiu, la Turnu-Măgurele, în care azotul reprezintă peste 33% din totalul substanței active.

Cifrele statistice arată nu numai o creștere cantitativă, ci și o schimbare calitativă, reprezentată prin: apariția de îngrășăminte cu azot concentrate — ureea; introducerea azotului în compoziția îngrășămintelor compuse; ponderea din ce în ce mai mare a azotului folosit în agricultură alături de celelalte elemente active — fosforul și potasiul. *(N.t.)*.

După cele mai modeste calcule, armatele de bacterii permit fixarea anuală a mai bine de 400 000 000 de tone de azot.

În ultimul timp, savantul sovietic I.I. Orobinski a izolat un nou tip de azotobacterii. Aceste bacterii permit fixarea mai rapidă a azotului în culturile de cartofi. Astfel, după cîteva ore, conţinutul de azot al cartofilor este mărit de şapte-opt ori, iar animalele hrănite cu astfel de cartofi dau un spor de greutate zilnic mai mare cu 70—80% decît cel obişnuit. Noul tip de azotobacterii are proprietăţi promiţătoare: în primul rînd, se dezvoltă în medii artificiale, adică poate fi obţinut în condiţii de laborator şi, în al doilea rînd, produsele activităţii sale vitale sînt asimilate direct de către animale.

Perfecţionarea procedeelor de obţinere a azotului tehnic (spre deosebire de cel „biologic") se studiază deocamdată în laboratoare. Savanţii şi-au îndreptat atenţia spre oxidarea directă a azotului prin descărcări electrice prin procedeul lui Birkeland. Procedeul amoniacal este bun, dar e bazat pe arderea unei cantităţi enorme de hidrogen, a cărui fabricare este costisitoare. Metoda lui Birkeland consumă multă energie electrică. În ultimul timp însă, fizica şi tehnica descărcărilor de înaltă frecvenţă au repurtat succese importante, iar energia electrică devine din ce în ce mai ieftină, instalaţiile de oxidare directă a azotului fiind simple. Pe de altă parte, azotul există în aer în cantităţi inepuizabile, iar uzina poate fi amplasată în apropiere de locul de utilizare a îngrăşămintelor cu azot. Încă de pe acum s-a obţinut, în condiţii de laborator, peste doi moli NO la un kilowatt-oră de energie prin procedeul arcului electric.

Dacă se va reuşi ca la acelaşi consum de energie să se obţină 3—4 moli, această metodă de oxidare directă va fi comparabilă din punct de vedere energetic cu procedeul amoniacal. Fără îndoială că viitorul aparţine oxidării directe a azotului prin descărcări de înaltă frecvenţă...

O familie de oxizi

„Cît de deosebit este gazul ilariant (protoxidul de azot, N_2O) de anhidrida acidului azotic (pentoxidul de azot N_2O_5)! Primul compus este un gaz, iar cel de-al doilea este, la temperatură obişnuită un corp solid, cristalizat. Şi totuşi,

toată deosebirea dintre ele în ce privește compoziția constă în faptul că al doilea corp conține de cinci ori mai mult oxigen decît cel dintîi; între cele două corpuri se mai află alți trei oxizi de azot (NO, N_2O_3, NO_2), care toți diferă cantitativ de ceilalți doi și în același timp între ei", a scris despre oxizii azotului Engels în *Dialectica naturii*[1]

Se cunosc cinci oxizi ai azotului:

N_2O	NO	N_2O_3	NO_2	N_2O_5
Protoxidul de azot	Oxidul de azot	Anhidrida azotoasă	Bioxidul de azot	Anhidrida azotică

În fața noastră avem o ilustrare vie a legii dialectice a trecerii cantității în calitate.

N_2O — oxidul inferior al azotului — a fost descris pentru prima dată de Priestley la sfîrșitul secolului al XVIII-lea. Acest gaz l-a contrariat foarte mult pe chimistul englez: pe de o parte era otrăvitor pentru toate viețuitoarele, iar pe de altă parte menținea arderea, în mod asemănător aerului obișnuit.

În laboratoare, protoxidul de azot se obține prin încălzirea azotatului de amoniu la 200°C: $NH_4NO_3 \rightleftharpoons N_2O + 2\ H_2O$.

Acest compus nu este stabil, iar hidrogenul, cărbunele, petrolul ard în prezența lui ca și cum s-ar afla în oxigen curat.

Particularitatea cea mai caracteristică a protoxidului de azot, proprietate care a frămîntat nu numai lumea științifică de la sfîrșitul secolului al XVIII-lea, a constituit-o acțiunea sa fiziologică, descoperită de Davy în 1798. Cînd un om inspiră protoxid de azot — „gazul ilariant" —, acesta îl aduce într-o stare de excitare puternică, îl îmbată. Potrivit mărturiei unui contemporan, care a asistat la una din ședințele de narcoză cu protoxid de azot, „unii gentlemeni țopăiau pe mese și pe scaune, altora li se cam dezlegase limba, iar alții manifestau o tendință pronunțată de a se încăiera".

Davy a fost primul care a emis pentru întîia oară ideea asupra posibilității de utilizare a gazului descoperit pentru narcoză, fiind ulterior aplicat în această direcție. Protoxidul de azot se utilizează și astăzi în chirurgie ca anestezic rapid.

Cît despre oxidul de azot, încă înainte de descoperirea azotului, Gailes îl prepara și îl culegea sub apă. El este

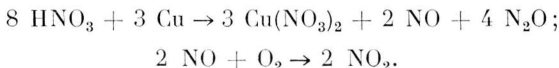
---

[1] F. Engels, *Dialectica naturii*, Editura Politică, București, 1959, p. 48.

primul care l-a descoperit și care a constatat că are proprietatea de a se combina cu aerul, de fapt cu oxigenul.

Absorbția oxigenului din aer de către „gazul de nitroză“ a permis să se elaboreze o metodă exactă de determinare a „calității“ aerului, adică a conținutului lui de oxigen. În secolul al XVIII-lea s-a inventat un eudiometru — aparat special pentru asemenea determinări de gaze —, care a favorizat în multe privințe dezvoltarea chimiei ca știință.

Aruncînd o monetă de cupru în acid azotic diluat, obținem oxid de azot. În contact cu aerul, acesta se oxidează, transformîndu-se în bioxid de azot:



$$8\ HNO_3 + 3\ Cu \rightarrow 3\ Cu(NO_3)_2 + 2\ NO + 4\ N_2O;$$

$$2\ NO + O_2 \rightarrow 2\ NO_2.$$

Anhidrida azotoasă, N_2O_3, este un lichid de culoare albastră, care se obține prin răcirea unui amestec de părți egale de NO și NO_2. Uneori deasupra clădirilor uzinelor chimice se pot vedea nori grei bruni-roșcați care se aștern deasupra pămîntului și pe care muncitorii îi numesc „cozi de vulpe“. Acest gaz brun-roșcat, deosebit de otrăvitor, cunoscut încă de pe vremea alchimiștilor, este bioxidul de azot, NO_2.

La temperatură joasă, NO_2 se dimerizează, trecînd în N_2O_4.

Obținerea industrială a bioxidului de azot se bazează pe combinarea directă a azotului cu oxigenul, proces care necesită un mare consum de energie: $N_2 + 2\ O_2 \rightarrow 2\ NO_2 - 43$ kcal.

Oxidul superior al azotului, N_2O_5, este o substanță extrem de instabilă, care se formează prin deshidratarea acidului azotic cu anhidrida fosforică. De asemenea prin acțiunea ozonului asupra N_2O_4 se obțin cristale albe de N_2O_5.

Azotul și explozivii

Amintiți-vă de filmul *Salariul groazei*. Dintr-un păhărel umplut cu un lichid uleios, transparent, se scurge o picătură pe podea și explodează cu un bubuit scurt, violent. Este nitroglicerina.

Dacă se tratează glicerina cu acid azotic concentrat, se obţine trinitratul de glicerină, denumit impropriu trinitroglicerină.

De obicei activitatea glicerinei este moderată prin adaosuri de nitroceluloză, rumeguş de lemn, kieselgur etc., obţinîndu-se în felul acesta dinamita, cu ajutorul căreia se aruncă în aer stîncile şi munţii. Un kilogram de cărbune degajează prin ardere o cantitate de energie de opt ori mai mare decît aceeaşi cantitate de trinitrotoluen sau trotil — substanţă puternic explozivă. Şi totuşi, arzînd un kilogram de cărbune în sobă, noi ştim bine că energia pe care o degajează nu face să explodeze soba şi nici măcar nu o distruge. Energia trotilului, deşi mai mică, se degajează însă de zeci de milioane de ori mai repede şi dezvoltă o putere gigantică...

La 12 aprilie 1953, în U.R.S.S., la mina Altîn-Topkan, s-a efectuat o explozie cu o încărcătură de amonit (88% azotat de amoniu şi 12% trotil) în greutate de 1 674 de tone. Volumul rocii fărîmiţate de explozie a fost de 1 910 000 de tone.

Prezintă interes următorul fapt: la 19 septembrie 1957, în statul Nevada din S.U.A., s-a produs explozia unei încărcături atomice în condiţii subterane. Aceasta era echivalentă cu încărcătura unei substanţe explozibile în greutate de 1 700 de tone, adică cu încărcătura de amonit care a produs explozia de la Altîn-Topkan. Volumul rocii fărîmiţate de explozia atomică a fost de numai 450 000 de tone. Capacitatea explozivă a substanţelor explozibile obişnuite este, se pare, relativ mai mare decît capacitatea explozivă a exploziei atomice. Savanţii sovietici elaborează în prezent un proiect de deschidere a zăcămîntului de cărbuni cocsificabili Neriungrin din Iakuţia de sud. El va fi deschis prin explodarea în două etape a 55 588 de tone de exploziv. Puterea exploziei va atinge puterea a trei bombe atomice echivalente cu cele aruncate la Hiroshima şi Nagasaki. Într-o singură clipă va fi aruncată în aer o masă de roci gigantică de 10 000 000 de metri cubi. Explozia va reduce cu 3—4 ani timpul necesar accesului la zăcămînt.

Explozivii reprezintă un ajutor deosebit de preţios în exploatările miniere, în construcţiile de drumuri etc. Compuşii oxigenaţi ai azotului constituie în această direcţie substanţe de neînlocuit.

Mai dur ca diamantul

În natură nu există substanțe care ar putea să zgîrie diamantul. În laborator însă s-a fabricat un compus mai dur ca diamantul — borazonul —, o varietate de azotură de bor. Azotura de bor, BN_3, este o substanță chimică stabilă, greu fuzibilă, ce se obține sub forma unei pulberi foarte fine de culoare albă. Din punctul de vedere al structurii se aseamănă foarte mult cu grafitul și este chiar folosită ca unsoare solidă, de unde a căpătat denumirile de „funingine albă“ și chiar de „grafit alb“.

Presiunile supraînalte transformă azotura de bor, ca și grafitul, într-o structură similară structurii diamantului, denumită borazon.

În 1957, în S.U.A., s-a obținut un borazon mult mai rezistent și mai termostabil decît diamantul. Azotura de bor, supusă unei presiuni de 73 000 de atmosfere, s-a transformat în borazon, substanță care arde numai la 2 000°C, în timp ce diamantul arde la 871°C.

Borazonul înlocuiește cu succes diamantul în tehnica mineritului și în construcția de mașini și aparate.



PURTĂTOR DE LUMINĂ

Denumirea de „fosfor“ este de origine greacă și înseamnă „purtător de lumină“.

În evul mediu era larg răspîndită părerea că orice metal poate fi transformat în aur. Un alchimist german, Brandt din Hamburg, deși nu a reușit să transforme alte elemente în aur, a obținut în 1669 fosforul.

Brandt fusese cîndva un comerciant înstărit, însă la un moment dat treburile au început să-i meargă din ce în ce mai prost și în cele din urmă averea i-a fost vîndută la licitație. Ca să-și restabilească situația, Brandt s-a hotărît să se ocupe de alchimie, contînd că în caz de reușită s-ar îmbogăți de pe o zi pe alta.

Și Brandt a lucrat fără răgaz zile și nopți de-a rîndul, experimentînd perseverent, cu îndîrjire. Ce substanțe n-a utilizat! Minerale și minereuri, plante și oase de animale, metale și săruri și multe, multe altele. Toate aceste materiale erau măcinate cu grijă în mojar, calcinate, amestecate, tratate cu acizi, din nou amestecate — cu mercur sau sulf — și din nou calcinate... Și așa zi cu zi, săptămînă cu săptămînă. Timpul trecea, dar secretul preparării „pietrei filozofale“ rămînea nedezlegat.

Iată însă că odată, calcinînd la un foc puternic reziduul uscat al urinei, Brandt a observat că din retortă se degajează o substanță care se aprinde rapid în aer cu formarea unui fum alb, dens. Însăși retorta de sticlă lumina slab în semiobscuritatea laboratorului. Lui Brandt inima a început să-i bată mai tare: iată mult căutata „piatră filozofală“ care îi va aduce bogăția și gloria!

Obținerea acestei „pietre“ imaginare s-a dovedit însă a nu fi un lucru ușor. Brandt a trebuit să lucreze încă multă vreme... Urmărea cu inima strînsă cum în vasul colector al



retortei se aduna, sub apă, o substanță albă, cu o neobișnuită capacitate de iluminare. Iluminarea devenise atît de puternică, încît la lucirea ei se putea chiar citi o carte. Brandt era însă contrariat de faptul că această lumină era rece, spre deosebire de celelalte mijloace de iluminare cunoscute, care produceau nu numai lumină, ci și căldură. În plus, prin contactul substanței cu diferite obiecte, acestea deveneau și ele luminescente.

Sleit de puteri, Brandt s-a așezat pe scaun: în sfîrșit avea în mînă „piatra filozofală"! Tot așa de repede s-a convins însă că această „piatră filozofală" nu putea transforma în aur nici un metal. Alchimistul nu și-a pierdut cumpătul. Substanța obținută de el era așa de puțin obișnuită, se asemăna așa de puțin cu celelalte, încît pînă la urmă tot a reușit s-o transforme în aur: a vîndut-o la prețuri ridicate. Descoperitorul a denumit această substanță miraculoasă „foc rece" și numai ulterior i s-a dat denumirea de „fosfor".

Alb, roșu, negru...

Ce este fosforul? Ce proprietăți are?

La prima întrebare a răspuns, încă în 1777, celebrul chimist francez Lavoisier. Acesta a studiat cu minuțiozitate și timp îndelungat arderea fosforului și a fost primul care l-a considerat drept element. Dar și la cea de-a doua întrebare se poate răspunde cu ușurință.

Există nu un singur fel de fosfor, ci trei.

Timp de 178 de ani de la descoperirea lui de către Brandt, fosforul a fost considerat o substanţă albă. De asemenea se considera că luminează în întuneric, că este moale ca ceara şi că se aprinde cu uşurinţă. În 1847 chimistul german Schrötter descoperă o altă varietate de fosfor — fosforul roşu. Din punctul de vedere al proprietăţilor, acesta se diferenţiază foarte mult de cel alb: este de aproape o dată şi jumătate mai dens, nu se dizolvă în sulfură de carbon şi, ceea ce este mai important, nu este „fosforescent". Fosforul alb se aprinde la 40°C, iar fosforul roşu numai la 440°C.

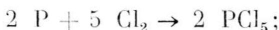
Dar cu acesta nu se termină transformările fosforului. În 1916 s-a descoperit o nouă varietate de fosfor — fosforul negru. Fosforul negru este asemănător grafitului, ba chiar conduce curentul electric.

Toate cele trei varietăţi — alb, roşu şi negru — reprezintă acelaşi element şi pot trece una în cealaltă în condiţii determinate.

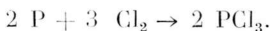
Transformările chimice ale fosforului

Fosforul este capabil nu numai de transformări fizice, ci şi de transformări chimice. Astfel, el poate avea valenţele 5+, 3+ şi 3— şi poate reacţiona nu numai cu elementele, dar şi cu diferite substanţe compuse, formînd o infinitate de derivaţi.

Fosforul reacţionează uşor cu halogenii, de exemplu cu clorul, şi formează pentaclorura şi triclorura de fosfor:

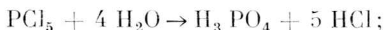


$$2\ P + 5\ Cl_2 \rightarrow 2\ PCl_5;$$

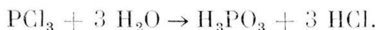


$$2\ P + 3\ Cl_2 \rightarrow 2\ PCl_3.$$

Ambele substanţe, fiind cloranhidride, reacţionează foarte uşor; cu apa formează diverşi acizi ai fosforului:



$$PCl_5 + 4\ H_2O \rightarrow H_3\ PO_4 + 5\ HCl;$$



$$PCl_3 + 3\ H_2O \rightarrow H_3PO_3 + 3\ HCl.$$

Fosforul se poate uni cu hidrogenul, formînd substanţe care au fost denumite fosfine. Reacţia fosforului cu hidrogenul poate fi scrisă în felul următor:



$$2\ P + 3\ H_2 \rightarrow 2\ PH_3.$$

Substanța care s-a format în urma acestei reacții este denumită hidrogen fosforat. Hidrogenul fosforat este un gaz cu miros neplăcut, pătrunzător, care se aseamănă din punctul de vedere al proprietăților cu amoniacul. În reacția de mai sus, în afară de hidrogen fosforat se formează și alți compuși analogi, de exemplu P_2H_4, care în condiții obișnuite este un lichid ce se aprinde de la sine în aer.

La temperaturi ridicate fosforul reacționează ușor cu unele metale, formînd compuși care au fost denumiți fosfuri, ca, de exemplu, fosfura de calciu și fosfura de magneziu:

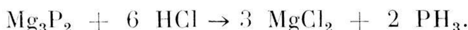


$$3\ Ca + 2\ P \rightarrow Ca_3P_2;$$



$$3\ Mg + 2\ P \rightarrow Mg_3P_2.$$

Acești compuși, stabili ca atare, reacționează însă cu acizii:



$$Mg_3P_2 + 6\ HCl \rightarrow 3\ MgCl_2 + 2\ PH_3.$$

Fosforul se unește ușor cu oxigenul și, ca și în cazul reacției cu clorul, reacția poate conduce, în funcție de cantitatea de oxigen, fie la anhidrida fosforică, P_2O_5, fie la anhidrida fosforoasă, P_2O_3. Acestea sînt substanțe de culoare albă, foarte higroscopice, care formează cu apa acizii respectivi.

Se poate spune că fosforul este capabil să reacționeze cu majoritatea elementelor sistemului periodic și cu mulți compuși, de exemplu cu sulful, hidroxizii alcalini, acizii, unele săruri etc. Diversitatea compușilor fosforului poate fi ilustrată de faptul că s-au putut obține compuși care pot fi scriși POFClBr și PSFClBr.

Este interesant de subliniat că fosforul nu se combină direct cu carbonul. Totuși acest „neajuns" este cu prisosință compensat de faptul că formează numeroși compuși fosfoorganici, care se obțin prin interacțiunea dintre compuși ai fosforului și compușii organici.

Fosforul ca atare, elementar, nu are decît o utilizare limitată. Fosforul alb este foarte otrăvitor; de aceea se utilizează contra dăunătorilor culturilor agricole. Între altele este folosit și în scopuri militare, la bombele incendiare și pentru obținerea perdelelor de fum protectoare. Fosforul roșu se utilizează la fabricarea chibriturilor. Dar o importanță cu adevărat imensă prezintă compușii fosforului.

Acizii fosforului

Am mai arătat că fosforul este capabil să se unească cu oxigenul, formînd diferiți oxizi. Acum vom examina produșii de reacție ai acestora cu apa. Vom începe cu anhidrida fosforică, P_2O_5. S-a constatat că aceasta reacționează cu apa, formînd însă nu un singur acid, ci trei:



$P_2O_5 + H_2O \rightarrow 2\ HPO_3$, acid metafosforic;

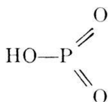


$P_2O_5 + 3\ H_2O \rightarrow 2\ H_3PO_4$, acid ortofosforic;

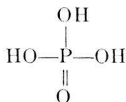


$P_2O_5 + 2\ H_2O \rightarrow H_4P_2O_7$, acid pirofosforic.

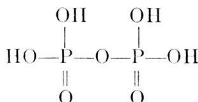
În felul acesta, în funcție de numărul moleculelor de apă care au reacționat cu o moleculă de anhidridă fosforică, se pot forma diferiți acizi. Pentru a înțelege mai ușor această comportare curioasă a anhidridei fosforice vom scrie formulele structurale:



Acid metafosforic

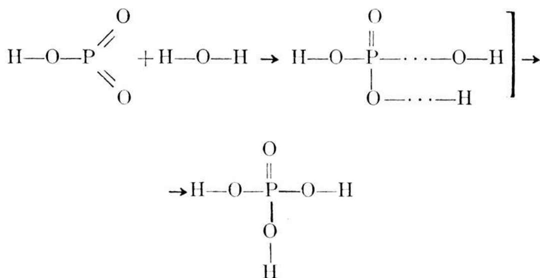


Acid ortofosforic

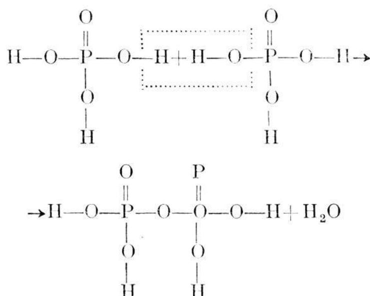


Acid pirofosforic

Acești acizi sînt genetic legați unul de altul, adică se pot obține unul din celălalt. De exemplu, acidul ortofosforic se poate obține din acidul metafosforic prin simpla adiție a apei.



Acidul pirofosforic se poate obține din acidul ortofosforic prin condensarea moleculelor lui:



În general, acestea nu reprezintă numai posibilități teoretice. Într-adevăr, din acidul metafosforic, în anumite condiții, se pot obține acizii orto- și pirofosforic.

Toți acești acizi sînt substanțe cristaline, incolore, care absorb puternic apa. De aceea anhidrida fosforică se și utilizează pentru scoaterea apei din ceilalți acizi, de exemplu din acidul azotic, sau chiar poate carboniza unele substanțe organice, luîndu-le apa.

Cea mai mare însemnătate practică o are acidul ortofosforic, și de fapt nu atît el însuși, cît mai ales sărurile lui, care se utilizează ca îngrășăminte.

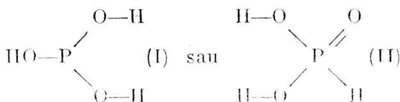
În afară de acizii meta-, orto- și pirofosforic, fosforul este capabil să formeze încă mulți alți acizi, dintre care cel mai interesant este acidul fosforos, un compus alb, cristalin, ușor solubil în apă. Acesta se obține prin acțiunea anhidridei fosforoase cu apa:



$$P_2O_3 + 3H_2O \rightarrow 2H_3PO_3.$$

Dar, spre deosebire de acizii în care fosforul are valența cinci, atît acidul fosforos, cît și sărurile sale sînt otrăvitoare.

Și încă un fapt interesant. Structura acidului fosforos poate fi reprezentată sub forma a două formule:



Ambele aceste forme se găsesc în echilibru una față de cealaltă, însă în condiții obișnuite forma II predomină în măsură însemnată. Atît acidului însuși, cît și sărurilor lui le corespunde formula II. Pentru formula I s-au obținut totuși derivați organici complecși. Acest fenomen se numește tautometrie și se întîlnește frecvent în chimia organică. Acidul fosforos este un reducător puternic: din soluțiile sărurilor de argint separă argint metalic, iar din sărurile cuprului separă cuprul. Acidul ca atare este foarte stabil și se oxidează greu în acid fosforic. Rămîne de adăugat că pentru el, la fel ca pentru acizii fosforici, există analogi — acizii metafosforos, HPO_2 și pirofosforos, $H_4P_2O_5$.

Hrana plantelor

Celții utilizau îngrășăminte agricole cu cîteva sute de ani înaintea erei noastre. Se știe de asemenea că îngrășămintele erau folosite și de grecii antici. Cu toate acestea, utilizarea intensă a îngrășămintelor a început cu numai vreo sută de ani în urmă.

În primele trei decenii ale secolului trecut, renumitul chimist german Justus Liebig a făcut o experiență interesantă: a efectuat analiza chimică a unui mare număr de plante. Ca rezultat, a constatat că acestea conțin în compoziția lor numai zece elemente: carbon, hidrogen, oxigen, calciu, potasiu, fosfor, sulf, magneziu și fier[1].

Toate aceste elemente au o mare însemnătate pentru dezvoltarea normală a plantelor. Lipsa unuia dintre ele, chiar dacă celelalte sînt din belșug, poate determina moartea plantei.

Carbonul, plantele și-l procură din aer, absorbind bioxidul de carbon conținut în el. Hidrogenul și oxigenul, ele le extrag din apă. Magneziul, fierul și sulful — elemente necesare în cantități mici — sînt procurate din sol. Unele plante sînt chiar capabile să fixeze azotul din atmosferă (de exemplu leguminoasele). În felul acesta, pentru creșterea normală a plantelor, în pămînt trebuie să se introducă

[1] Ulterior, prin experiențe mult mai precise, s-a constatat că în plante sînt prezente, sub formă de urme, multe alte elemente, care joacă un rol important în activitatea vitală a acestora.

potasiu, fosfor, azot și uneori calciu. Lipsa cea mai acută însă apare în cazul fosforului.

Cel mai vizibil semn al insuficienței fosforului în sol este că plantele se dezvoltă prea încet, iar frunzele sînt mici și de culoare verde-închis. Dar se poate întîmpla și invers. În valea Limei (Peru), lipsa de fosfor se manifestă prin aceea că frunzele de porumb capătă o culoare purpurie. O culoare analogă a frunzelor datorită lipsei de fosfor se observă și în cazul pătlăgelelor roșii. Dar nu culoarea frunzelor plantelor este lucrul principal. S-a constatat că, datorită insuficienței fosforului la plante, rădăcinile se dezvoltă slab, iar sistemul vascular are mult de suferit. În acest caz amidonul nu se transformă în zahăr și coacerea fructelor este întîrziată. Dacă însă solul este bogat în fosfor, se observă exact fenomenul invers: se dezvoltă un sistem radicular bogat, în special în faza de răsad, se mărește rezistența la secetă și se pot realiza recolte timpurii. Prezența fosforului se reflectă favorabil în diviziunea celulară și în formarea proteinelor și grăsimilor, în intensificarea procesului de înfrățire la cereale.

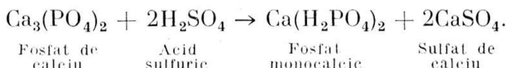
Excesul de fosfor duce la formarea intensă a puieților la porumb. Iar trifoiul și lucerna, dacă sînt semănate într-un sol care conține fosfați, dau semințe chiar în anul semănării, pe cînd în mod obișnuit aceasta are loc numai în anul următor.

Lucrul cel mai neplăcut este însă că în sol nu se pot introduce direct nici acidul fosforic, nici fosforul alb, căci ele acționează ca otrăvuri pentru plante. Nici cu fosfor roșu nu poate fi îngrășat pămîntul, căci plantele nu îl asimilează. De aceea uzinele chimice produc astăzi cantități însemnate de diferite îngrășăminte cu fosfor.

Cel mai simplu și mai accesibil îngrășămînt este fosfatul de calciu natural, $Ca_3(PO_4)_2$. În uzina de îngrășăminte, acesta este transformat în pulbere și utilizat ca îngrășămînt sub denumirea de făină fosfatică. Fosfații naturali nu sînt însă recomandabili pentru toate solurile, deoarece nu sînt solubili în apă, iar în stare solidă nu sînt asimilați de către plante. De aceea se pot utiliza numai în solurile acide, care conțin diferiți acizi organici capabili să transforme fosfatul de calciu într-o formă mai solubilă: fosfatul acid de calciu, $CaHPO_4$.

Un caracter mai universal are superfosfatul, care conține în compoziția sa fosfatul monocalcic, $Ca(H_2PO_4)_2$, care se

dizolvă bine în apă. Superfosfatul se obține prin tratarea fosfatului de calciu măcinat cu acid sulfuric:



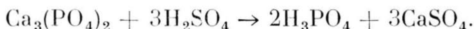
$$Ca_3(PO_4)_2 + 2H_2SO_4 \rightarrow Ca(H_2PO_4)_2 + 2CaSO_4.$$

Fosfat de calciu — Acid sulfuric — Fosfat monocalcic — Sulfat de calciu

Amestecul de fosfat monocalcic și de sulfat de calciu care se formează poartă denumirea de superfosfat și sub această formă se utilizează ca îngrășămînt.

Un mare neajuns al superfosfatului simplu este însă conținutul său de sulfat de calciu, care nu este folositor practic nici plantelor, nici solului. Iar acest balast reprezintă aproape 54% în greutate, adică mai mult de jumătate.

De aceea este mult mai rentabil să se producă superfosfatul concentrat, care se obține în două faze. Din fosfatul natural se produce mai întîi acidul fosforic:



$$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 \rightarrow 2H_3PO_4 + 3CaSO_4.$$

Precipitatul de sulfat de calciu ce se formează se filtrează, iar acidul fosforic este obligat să reacționeze cu o nouă cantitate de fosfați naturali:



$$Ca(PO_4)_2 + 4H_3PO_4 \rightarrow 3Ca(H_2PO_4)_2.$$

Superfosfatul binar este o sare solubilă a acidului fosforic și se poate utiliza practic în toate solurile[1].

Rămîne să adăugăm că anual recolta mondială sărăcește solul cu circa 10 000 000 de tone de acid fosforic.

---

[1] În R.P.R., în anii puterii populare, producția de îngrășăminte cu fosfor (exprimată în 100% P_2O_5) a crescut de la mai puțin de 180 t în 1948 la aproape 111 000 t în 1964. La Valea Călugărească, pe lîngă fabrica de acid sulfuric, s-a construit o fabrică modernă de îngrășăminte fosfatice.

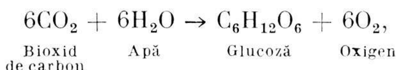
Pînă în 1963, producția de îngrășăminte cu fosfor de la noi din țară este reprezentată prin producția de superfosfat simplu, cu un conținut de 18–20% P_2O_5. Ținînd seama de cerințele agriculturii privind concentrația îngrășămintelor în substanțe nutritive, noile instalații în curs de realizare au părăsit superfosfatul simplu, îndreptîndu-se spre îngrășăminte complexe, cu mai multe elemente active. Combinatul de îngrășăminte de la Turnu-Măgurele, ale cărei instalații au început să intre în funcțiune, reprezintă prima uzină în care fosforul se găsește în îngrășăminte compuse, conținînd peste 53% substanță activă, din care fosforul (exprimat în 100% P_2O_5) reprezintă aproape 57% *(N.t.)*.

Pe la mijlocul secolului trecut s-a observat că fosfatul de calciu reprezintă componenta de bază a oaselor animalelor și omului, iar unii compuși mai complicați ai fosforului se găsesc în țesuturile cerebrale. Aceasta a permis chimistului german Moleschott să spună încă acum circa o sută de ani că „fără fosfor nu există gîndire". Și deja în timpurile noastre savanții au ajuns la concluzia că fără fosfor nu numai că nu este posibilă „gîndirea", dar în general nu se poate imagina existența nici a omului, nici a viețuitoarelor și nici a plantelor.

Pentru ce anume le este necesar fosforul organismelor vii? Răspunsul amănunțit la această întrebare este destul de greu de dat, ba, mai mult, pînă în prezent nu s-a elucidat încă rolul multor compuși ai fosforului ce se găsesc în organismele vii.

Înainte de toate trebuie să remarcăm că, din fosforul ce se găsește în organismul omului, cea mai mare parte este de proveniență animală sau vegetală. Numai plantele sînt capabile să asimileze direct din pămînt fosforul, și anume doar sub formă de săruri solubile ale acidului fosforic. El se acumulează în plante acolo unde au loc procese intensive de sinteză a substanței organice și unde celulele plantelor conțin multă plasmă. Ce se întîmplă acolo?

De obicei, cînd spunem că planta asimilează direct bioxidul de carbon din aer și sintetizează din acesta compuși organici, descriem acest proces prin formula:

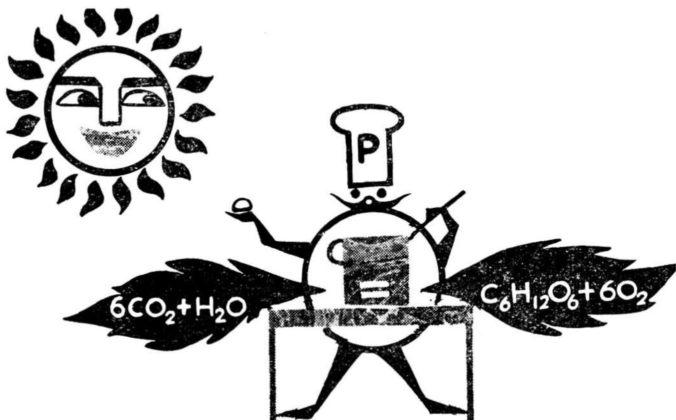


$$6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2,$$

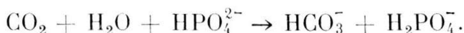
adică arătăm că din bioxid de carbon și apă se formează glucoză, care apoi, prin transformări ulterioare, duce la formarea unor compuși organici mai complecși. S-a dovedit însă că acest proces nu este nici pe departe atît de simplu.

Cînd savanții au început să studieze mai amănunțit această reacție, au observat două fapte interesante. În primul rînd, reacția menționată necesită un consum mare de energie. De unde ia planta această energie? Și, în al doilea rînd, fotosinteza este brusc frînată de lipsa de fosfor în plantă.

Savanții au găsit că fosforul intră în compoziția așa-numitelor cloroplaste — organe specifice vegetale care realizează direct fotosinteza. Studiul ulterior al fosforului în



plante a permis să se ajungă la următoarele concluzii. În primul rînd, fosforul joacă un rol destul de important în fixarea bioxidului de carbon în aer. S-a dovedit că fosfații solubili pot absorbi bioxidul de carbon după schema:

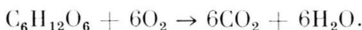


$$CO_2 + H_2O + HPO_4^{2-} \rightarrow HCO_3^- + H_2PO_4^-.$$

În al doilea rînd, fosforul intră în constituția cloroplastelor, sub forma unor compuși organici complecși numiți fosfolipide.

Și, în sfîrșit, în al treilea rînd s-a constatat că reacția bioxidului de carbon cu apa, care duce la glucoză, decurge în mai multe stadii. Ca stadiu intermediar s-a constatat formarea unui compus organofosforic complex, numit acid glicerofosforic.

S-a constatat de asemenea că fosforul este necesar și pentru respirație. De obicei reprezentăm acest proces prin formula:

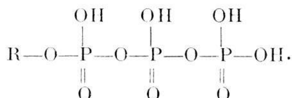


$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O.$$

Prin urmare, prin respirație, glucoza se transformă în bioxid de carbon și apă. Totuși și acest proces este departe de a fi așa de simplu.

În organismele vegetale și animale se află un compus organic complex, denumit acid adenozintrifosforic (ATP), care

conține în compoziția sa fosfor. Formula sa poate fi scrisă în principiu în felul următor:



S-a constatat că această substanță, precum și substanțele similare, se formează în procesul respirației și servesc în același timp pentru acumularea energiei musculare în organismele vii. În timpul respirației, glucoza formează cu fosforul esteri complecși denumiți difosfați. Aproximativ 5—6 molecule de glucoză formează difosfați, în timp ce una se oxidează, rezultînd CO_2. Apoi difosfații se transformă în acid adenozintrifosforic.

Moleculele de acid adenozintrifosforic, adiționîndu-se la molecula de grăsime, le obligă să capete o formă determinată. Aceasta înseamnă că molecula a dobîndit o rezervă de energie. Dacă o astfel de moleculă „activă" primește din partea sistemului nervos ordinul de „a intra în acțiune", structura ei se modifică brusc: ea se scurtează și omul efectuează un travaliu oarecare, de exemplu îndoaie mîna. În felul acesta molecula de acid adenozintrifosforic se transformă în moleculă de acid adenozindifosforic și, pentru ca mușchiul să poată efectua un nou travaliu, la molecula de proteină trebuie să se adiționeze o nouă moleculă de acid adenozintrifosforic pentru ca ele să capete forma inițială, adică să dobîndească o nouă rezervă de energie.

Fosforul dă, prin urmare, fertilitate cîmpurilor noastre și aduce belșug de produse în casele noastre; fosforul dă organismelor animale și vegetale „forță vitală". La drept vorbind, ar fi trebuit numit nu „purtător de lumină", ci „purtător de viață".

OCEANE DIN DOUĂ GAZE

„Lumea se reflectă într-o picătură de apă". Această expresie nu este numai o metaforă poetică. Într-adevăr, într-o picătură de apă se poate vedea o lume întreagă: viața unei frunze verzi și viața omului, coșurile fumegînde ale puternicelor uzine, cîmpiile înverzite, conturul viitoarelor centrale atomoelectrice, traseul navei cosmice care zboară spre stelele îndepărtate...

Cel mai comun și mai cunoscut lichid — apa — constă din două gaze chimic active: hidrogenul și oxigenul. Într-un litru de apă se află 111,1 grame de hidrogen și 888,9 grame de oxigen, cu alte cuvinte, 1 254,32 litri de hidrogen și exact pe jumătate oxigen. Pe Pămînt se află $2 \cdot 10^{18}$ tone de apă. Pentru a ne face o idee asupra acestei cifre, să ne închipuim un cilindru uriaș cu suprafața bazei de un metru pătrat. Acest cilindru, dacă ar avea înălțimea egală cu diametrul orbitei Pămîntului, adică 300 000 000 de kilometri, ar cuprinde întreaga cantitate de apă a planetei noastre.

Cum este repartizată apa pe Pămînt? Cea mai mare parte se află în mări și oceane, iar cealaltă în rîuri, lacuri, ghețuri, minereuri și minerale. Atmosfera conține a suta mia parte din întreaga cantitate de apă. Ca valoare absolută aceasta nu este însă un infinit mic: dacă toți vaporii de apă din atmosferă s-ar condensa, nivelul oceanelor ar crește cu 25 de centimetri. Anual sînt în circuit mase uriașe de apă: dacă toată apa vaporizată ar pleca dincolo de înălțimile atmosferice, nivelul oceanelor ar scădea cu 75 de centimetri în fiecare an.

Apa este, după o expresie sugestivă a lui Fersman, nervul Pămîntului. Apa se află peste tot. Pînă și în pietre. Și pen-

tru a ne convinge de acest lucru nu trebuie să chemăm în ajutor pe uriașul din basme care poate stoarce apă din pietre. Orice chimist vă va spune, de exemplu, că într-un kilogram de gips se află 210 grame de apă. Apa există în toate organismele vii.

Despre puritatea apei

În manuale de obicei se scrie că apa este un lichid transparent, incolor, fără miros și fără gust.

Savantul suedez Zotterman afirmă că animalele percep gustul apei în mod analog felului cum percepem noi gustul sării. Omul nu are astfel de analizori, dar pentru noi gustul apei este o noțiune obișnuită și nicidecum abstractă.

Una este apa de la robinet și cu totul alta apa rece din izvorul cristalin. Ca gust acestea se deosebesc mult, dar ca aspect exterior aproape de loc. Apa este un solvent foarte bun, care întotdeauna va conține săruri și gaze dizolvate. În natură, cea mai curată apă, apa de ploaie, tot conține substanțe străine dizolvate. De exemplu, 1 kilogram de apă de ploaie dă, prin evaporare, 30 de miligrame de reziduu solid, iar într-un litru de apă se află dizolvate nu mai puțin de 200 de miligrame de gaze. Dar dacă luăm apa de rîu?

O tonă de apă, curată ca aspect, din Neva are 57 de grame de substanțe dizolvate, din Nipru 187 de grame, iar o tonă de apă tulbure din Nil conține pînă la 1 600 de grame. Dar apa de la robinet? Orice gospodină știe că suprafața interioară a ceainicului în care se fierbe zilnic apă se acoperă cu timpul cu o crustă galbenă. Această crustă este constituită din săruri de magneziu și de calciu. În drumul său lung pînă la robinet, apa dizolvă bioxidul de carbon din atmosferă și apoi, trecînd peste strate de roci, dizolvă din acestea carbonații de calciu și de magneziu.

Aceste impurități aduc mari neajunsuri. Așa, de pildă, înlăturarea crustei de pe paletele unei turbine puternice este o operație costisitoare.

Cum se purifică apa de impuritățile dăunătoare? Într-o primă etapă, prin tratarea cu substanțe chimice. Pentru a deduriza apa, cationii de magneziu și de calciu sînt precipitați prin adaos de var, sodă și alcalii. Tehnica modernă folosește în acest scop rășinile schimbătoare de ioni.

Chimiștii folosesc în experiențele de laborator apa distilată, obținută în aparate speciale. Cu toate acestea, apa distilată conține 0,5—1 miligrame de săruri dizolvate la litru, cantitate care nu influențează asupra mersului reacțiilor efectuate cu apă distilată.

Și astăzi obținerea unei ape foarte pure, de exemplu pentru analiza izotopică, nu este un proces simplu.

Un indicator precis al purității apei este conductivitatea sa electrică. Cu cît această conductivitate este mai mică, cu atît puritatea este mai mare.

Pentru obținerea unei ape cu un grad înalt de puritate se utilizează distilarea incompletă repetată a apei bidistilate, după care apa se tratează cu schimbători de ioni. Pentru a elibera apa de impuritățile organice, ea este supusă radiațiilor gama de la o sursă de cobalt 60. Compușii organici se oxidează la bioxid de carbon, care este apoi înlăturat prin barbotarea unui gaz inert. Apa oxigenată care se formează prin acțiunea radiațiilor gama este apoi distrusă prin acțiunea radiațiilor ultraviolete. Apa pură a adus științei servicii importante.

Un etalon natural

„Atîtea grade Celsius" sîntem obișnuiți să spunem. Scara termometrică Celsius este o scară internațională. Ca unitate — gradul — în această scară este luată a suta parte din intervalul dintre temperatura de fierbere și temperatura de înghețare a apei pure la presiunea atmosferică.

Dar apa nu este legată numai de noțiunea de temperatură, ci și de masă, de greutate și de căldură. Gramul reprezintă masa unui centimetru cub de apă la 4°C, temperatură la care apa are densitatea maximă. Apa are cea mai mare căldură specifică; aceasta este luată drept unitate a cantității de căldură — caloria.

Cele trei stări ale apei

Pescarii sînt oameni neastîmpărați. Ei merg și iarna la pescuit. Sparg gheața, aruncă undițele în apă și... așteaptă. Mai devreme sau mai tîrziu, peștii prinși sînt scoși la suprafață. Dar le trece oare măcar prin minte că această plăcere o datoresc uneia din anomaliile apei? Dacă nu ar fi fost această anomalie, chiar la cel mai mic îngheț lacul sau rîul s-ar fi acoperit cu o scoarță de lichid solidificat, iar la geruri puternice ar îngheța complet de la fund și pînă la suprafață. Iată de ce. Cu creșterea temperaturii, volumul tuturor corpurilor se mărește. Excepție fac metalele taliu și bismut și... apa. Apa nu respectă această lege: în intervalul de la 0° la +4°C, volumul ei se micșorează. De aceea iarna, cînd temperatura aerului coboară sub zero, lacurile nu îngheață pînă la fund.

Judecați singuri: în fața noastră avem un iaz; temperatura apei de la suprafață a atins +4°C. La această temperatură apa are densitatea maximă și, prin urmare, păturile de apă coboară la fund. Se face mult mai frig, apa atinge 0°C, stratele de la suprafață nu mai cad la fund și se transformă în gheață. Cu cît e mai frig, cu atît stratul de gheață va fi mai gros, dar sub acest strat este totuși apă.

Gheața, avînd o conductivitate termică mică, protejează ca o pătură de lînă stratele inferioare de apă de suprarăcire. Gheața este mai ușoară decît apa. La 0°C apa este mai ușoară decît la +4°C. Calitativ, noua stare a apei — gheața — are o structură și mai „afînată".

Cît de repede se încălzește apa și se topește gheața

Am mai arătat că apa are o căldură specifică mare. Pentru a încălzi 1 gram de apă cu 1°C este nevoie de o calorie. Aceasta este o valoare mare. Pentru a încălzi un litru de apă de la temperatura camerei la temperatura de fierbere trebuie să se consume o energie care ar ajunge pentru ridicarea unui obiect de trei kilograme la înălțimea de 10 000 de metri. Apa se încălzește încet, dar se și răcește tot așa de încet. De aceea este rentabil să fie utilizată pentru încălzire în instalațiile termice (calorifere). De asemenea apa se utilizează în reactoarele atomice ca transportor de căldură.

Căldura specifică mare a apei determină în mare măsură clima planetei. Solul se încălzește repede, dar tot atît de repede se și răcește. Apa nu irosește căldura primită de la Soare în timpul verii. Pe toată durata iernii, oceanele și mările încălzesc aerul.

Apa se încălzește încet și tot așa de încet se topește gheața. Pentru a transforma gheața în apă trebuie să-i dăm o anumită cantitate de căldură, numită căldură de topire. Căldura necesară pentru topirea unui gram de substanță se numește căldură specifică de topire. Pentru gheață ea este de 80 de calorii. Numai aluminiul are o căldură specifică de topire mai mare.

Ce cantitate de căldură trebuie pentru ca 1 gram de apă să se transforme în vapori? 538 de calorii. Apa are cea mai mare căldură de vaporizare dintre toate lichidele cunoscute. De multe decenii energia vaporilor de apă pune în mișcare locomotivele, vapoarele, paletele turbinelor cu aburi.

Structura reticulară a apei

Dar de ce se deosebește așa de mult apa de celelalte lichide? Cum se poate explica faptul că gheața are o densitate mult mai mică decît apa, că apa are o densitate maximă, că are cea mai mare căldură specifică și cea mai mare căldură de vaporizare?

Aceste anomalii în comportarea apei se datoresc caracterului particular al structurii acesteia. Molecula de apă nu este simetrică: centrii „de greutate" ai sarcinilor pozitive și negative nu coincid. Ea este polară și are, ca un magnet, doi poli: unul este sarcina pozitivă a atomilor de hidrogen, iar celălalt sarcina negativă a oxigenului. În apă se formează așa-numitele legături de hidrogen. Atomul de hidrogen al unei molecule de apă este legat de atomul de oxigen al alteia.

În apă, hidrogenul este legat concomitent de doi atomi de oxigen: de cel „propriu" și de unul „străin". De cel „propriu" este legat, desigur, mai puternic. Observăm că în apă legăturile de hidrogen sînt mult mai puternice decît în alte lichide care au aceeași capacitate. Prin urmare, moleculele de apă sînt legate una de alta mult mai strîns decît moleculele altor lichide.

Dar cum anume sînt dispuse în spațiu aceste molecule? Să începem cu gheața — apa în stare solidă. Să presupunem că avem sarcina de a așeza bile de biliard într-o cutie în așa fel încît să fie cît se poate de puține, dar în același timp să formeze o structură stabilă. Rezolvînd această problemă, constatăm că o bilă vine în contact numai cu alte patru. În acest caz așezarea bilelor are o densitate mică și permite să rămînă mult spațiu gol: mărimea spațiului gol depășește mărimea spațiului ocupat de bile. Dacă înlocuim bilele cu molecule de apă avem înaintea noastră structura gheții. Moleculele sînt legate între ele prin legături de hidrogen. Să scuturăm vasul. Structura gheții se va distruge și va tinde, evident, spre o mai mare compactizare. Topirea gheții este un fel de „zgîlțîire" a structurii ei.

Întrucît moleculele de apă au legături puternice de hidrogen, structura ei — rețeaua spațială a moleculelor sale — reproduce în general structura gheții. Aceasta s-a dovedit prin studii röntgenografice. Cînd gheața se topește, are loc o oarecare completare a golurilor din structura ei. De aici rezultă că densitatea va crește și volumul se va micșora.

Creșterea ulterioară a temperaturii de la 0° la +4°C este însoțită de următoarele procese: pe de o parte moleculele de apă își amplifică oscilațiile lor în jurul centrului de echilibru, iar, pe de alta, tot mai multe molecule completează golurile. Se obține o structură mult mai economică și apa atinge maximum de densitate. Creșterea temperaturii în continuare duce la intensificarea oscilației moleculelor în jurul centrului de echilibru și deci la mărimea volumului.

De completarea spațiilor „goale" prin molecule de apă este legată și căldura specifică mare a lichidului. Căldura se consumă pentru ruperea legăturilor de hidrogen.

Prin urmare, anomaliile ce caracterizează proprietățile apei se datoresc, pe de o parte, structurii ei reticulare, iar pe de altă parte trăiniciei legăturilor ei de hidrogen.

Apa văzută de chimiști

Pînă spre sfîrșitul secolului al XVIII-lea, apa era considerată drept un element. Descoperirea oxigenului de către Cavendish în 1766 și experiențele asupra arderii i-au dat

lui Lavoisier prilejul să se îndoiască de faptul că apa ar fi într-adevăr un element. În 1783 Cavendish a observat că „gazul combustibil" (hidrogenul) — obținut prin acțiunea acizilor asupra metalelor — , împreună cu o cincime din aer (adică oxigenul), formează prin ardere apă. Totul părea foarte simplu, dar pe Cavendish îl dezorienta flogisticul.

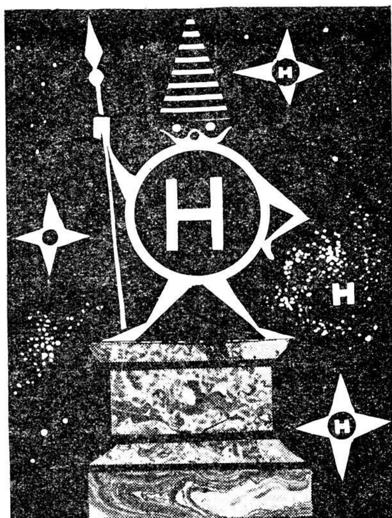
În același timp, în Franța, Lavoisier propaga chimia „antiflogistică". Pentru acest savant era clar că nu există flogistic, dar că apa era sau nu un corp compus nu putea spune cu precizie. Cînd auzi de experiențele lui Cavendish, Lavoisier le repetă în prezența martorilor, într-un cadru festiv. Obținînd apă prin arderea hidrogenului, el o supuse tuturor verificărilor posibile. Convingîndu-se că înaintea lui se afla într-adevăr apă curată distilată, Lavoisier înscrise apa — substanță care timp de multe veacuri fusese considerată drept unul din „cele patru elemente" — în rîndul corpurilor compuse. În 1785 Lavoisier determină compoziția apei: potrivit datelor sale, apa conținea 85% oxigen și 15% hidrogen. Potrivit datelor moderne, aceste cifre sînt, respectiv, de 88,81% și 11,19%.

Primii pași ai hidrogenului

Lumea științifică a fost entuziasmată de obținerea de către Cavendish a unui gaz care era de multe ori mai ușor decît aerul. În 1781 profesorul italian T. Cavallo a umplut cu hidrogen bule de săpun care se ridicau în sus și se spărgeau în contact cu plafonul.

În 1783, la Paris, sub conducerea profesorului Charles, a fost înălțat primul balon umplut cu hidrogen — cel mai ușor dintre gaze. Pentru aceasta au fost necesari 18 metri cubi de gaz — o cantitate enormă pentru acea vreme. Charles așază în cerc 12 butoaie mari, puse în ele pilitură de fier și turnă înăuntru acid sulfuric diluat. Prin niște țevi de plumb, hidrogenul format ajungea într-un recipient general, din care apoi trecea în balon.

În curînd baloanele aeriene au început să fie umplute numai cu hidrogen. Deoarece acidul sulfuric era o substanță



costisitoare pe acea vreme, pentru obținerea hidrogenului se utiliza metoda lui Lavoisier: din apă, prin descompunere, se formează hidrogen și oxigen; acesta din urmă reacționează cu fierul și formează țunder (oxid de fier), în timp ce hidrogenul este eliberat.

În 1794, în cadrul armatei de nord a tinerei republici franceze, care era în luptă cu intervenționiștii austrieci, fu organizat un corp de aerostate militare. În bătălia de la Flers, francezii au dat drumul unui aerostat cu un observator la bord care transmitea informații cu privire la deplasarea trupelor dușmanului.

Hidrogenul în industrie

Multă vreme hidrogenul se obținea numai pentru umplerea aerostatelor. Pînă la începutul secolului nostru, el nu era utilizat în industrie. Se poate spune că în secolul al XIX-lea nu exista o producție industrială de hidrogen. Cerințe de mari cantități de hidrogen au pus pentru prima dată sinteza amoniacului. Era nevoie de milioane de metri cubi

de hidrogen, deoarece pentru a obține doi metri cubi de amoniac era nevoie de un metru cub de azot și de trei metri cubi de hidrogen, conform ecuației: $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$.

În 1924 apăru un concurent puternic al consumului de hidrogen: alcoolul metilic — materie primă prețioasă pentru industria chimică. În industrie se introduse sinteza catalitică a alcoolului metilic din oxid de carbon și hidrogen: $CO + 2H_2 \rightarrow CH_3OH$.

Acum principala sursă de hidrogen o constituie gazul de apă și gazele de cocserie, care conțin 50—60% hidrogen.

O cantitate însemnată de hidrogen este consumată pentru obținerea combustibililor lichizi folosiți în motoarele cu combustie internă pe baza hidrogenării cărbunilor. Hidrogenarea cărbunilor are loc la presiune mare, la temperatură înaltă și în prezența catalizatorilor.

O mare însemnătate are de asemenea hidrogenarea grăsimilor vegetale. În întreaga lume se obțin aproape de cinci ori mai multe grăsimi vegetale decît grăsimi animale. Grăsimile animale sînt însă mai hrănitoare și mai gustoase. Ele conțin mai mult hidrogen decît cele vegetale. „Oare nu e cu putință să se adauge hidrogen la grăsimile vegetale



pentru a li se spori valoarea calorică?" Lucrul acesta s-a dovedit realizabil. În acest scop, grăsimile vegetale se încălzesc la 300°C și, în prezența unui catalizator de nichel, se barbotează hidrogen. La o tonă de ulei este nevoie de 15 kilograme de catalizator — nichel fin divizat. După hidrogenare nichelul este separat prin filtrare, obținîndu-se o grăsime solidă din care se prepară, după adăugirea de mici cantități de grăsimi animale, margarina, care ca valoare calorică este aproape echivalentă cu untul. Grăsimile hidrogenate sînt foarte bune și pentru fabricarea săpunurilor.

Compus sau soluție ?

Compușii hidrogenului cu diferite elemente sînt denumiți hidruri, iar compușii hidrogenului cu metalele alcaline și alcalino-pămîntoase — hidruri cu caracter salin; acestea sînt similare ca structură cu halogenurile. Aceste hidruri sînt foarte active: reacționînd cu apa, degajează hidrogen:



$$LiH + H_2O \rightarrow LiOH + H_2.$$

Sînt interesante ca structură și proprietăți și hidrurile volatile, în special hidrurile borului (boranii) și ale siliciului (silanii).

Din punctul de vedere al proprietăților chimice, boranii sînt similari hidrocarburilor. Boranii constituie un combustibil excelent pentru rachete: 1 kilogram de pentaboran degajează prin ardere mai multă căldură decît 1 kilogram de benzină (15 100 kcal/mol).

Cea de a treia grupă — cea mai mare — de hidruri ale metalelor grele se deosebește net de primele două. De exemplu, paladiul, care face parte din această grupă, este capabil să absoarbă la temperatura camerei 850 de volume de hidrogen, iar metalul abia-abia se umflă. Evident că în acest caz nu putem vorbi de formarea vreunui compus definit. Fierul dizolvă hidrogen în măsură mult mai redusă, dar la temperatură ridicată absoarbe o cantitate destul de mare din acest gaz. Cînd s-a introdus procedeul de sinteză a amoniacului, inginerii au avut multe dificultăți cu „boala fierului", cauzată de hidrogen. La temperatură înaltă hidrogenul se dizolvă în oțel, micșorîndu-i substanțial rezistența.

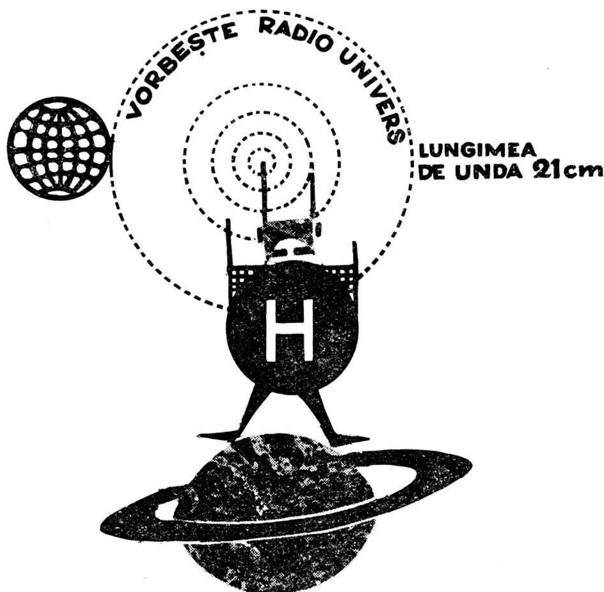
De ce atmosfera conține foarte puțin hidrogen ?

Scoarța Pămîntului conține 1% hidrogen în greutate. Aproape toată această cantitate se găsește sub formă de combinații — apă și compuși organici: petrol, cărbune, plante etc. În atmosferă se află numai 0,000 005% hidrogen. Cîndva însă atmosfera Pămîntului era reducătoare și conținea mult mai mult hidrogen. Oxigenul, care a apărut în urma fotosintezei vegetale, a legat cea mai mare parte din hidrogen. Pe de altă parte, hidrogenul părăsește în mod constant atmosfera terestră, deoarece este cel mai ușor gaz. De aceea el se răspîndește considerabil mai rapid în spațiul cosmic.

Viteza medie de mișcare a moleculelor de hidrogen la temperatura camerei este de 2 kilometri pe secundă. Dar gazul poate conține și molecule care au o viteză mult mai mare. Sînt și molecule cu viteza de 11,3 kilometri pe secundă, viteză suficientă pentru a învinge atracția terestră. De aceea straturile superioare ale atmosferei, mult rarefiate, pierd în permanență hidrogen, care zboară în spațiul cosmic. În cosmos, hidrogenul este elementul predominant. Potrivit calculelor, partea din univers accesibilă observațiilor noastre constă din 81% hidrogen, 18,7% heliu și numai 1% revine pentru toate celelalte elemente ale tabelului lui Mendeleev.

Atomii neutri de hidrogen, ciocnindu-se între ei în spațiul interastral, emit unde radio cu o lungime de 21 de centimetri. Această emisiune de radio este generală în univers; ea nu este absorbită de pulberea cosmică și ajunge la cele mai îndepărtate colțuri ale Galaxiei noastre. Ea permite cunoașterea caracterului repartiției hidrogenului în galaxie, studierea deplasării gazului interstelar.

Linia de radiații de 21 de centimetri este caracteristica principală a emisiunii de radio a universului; ea poate fi studiată de orice ființă rațională. Este de presupus că planeta noastră nu este o excepție în universul infinit și că mai există și pe alte corpuri cerești ființe care gîndesc. Dar atunci, prin analogie, și ele trebuie să presupună existența noastră. Mijlocul cel mai rapid de legătură cunoscut de noi sînt undele radio electromagnetice. Lungimea cea mai rațională de undă pe care ne-a dat-o natura este de 21 de centi-



metri. Tocmai pe această lungime de undă este probabil că se vor putea stabili comunicaţii radio cu alte fiinţe raţionale dacă asemenea comunicaţii se vor stabili vreodată.

Hidrogenul 2, hidrogenul 3...

În 1932 s-a izolat din hidrogenul natural izotopul greu al hidrogenului — deuteriul, D. Nucleul acestuia constă dintr-un proton şi un neutron. S-a constatat că, în hidrogenul natural, la 5 500 atomi de proţiu (aşa a fost denumit hidrogenul uşor H) revine un singur atom de deuteriu. Deuteriul este de două ori mai greu decît proţiul şi se deosebeşte destul de mult de acesta. De exemplu, proţiul se lichefiază la —259,2°C, iar deuteriul la —254,6°C. Această deosebire în ce priveşte constantele serveşte ca bază pentru izolarea deuteriului: prin distilarea hidrogenului lichid se obţine un

reziduu care conține 50% deuteriu. Izotopul greu se poate obține și prin electroliza apei, căci protiul, fiind mai ușor, se degajează la catod, iar în reziduu se concentrează deuteriul.

În 1939 s-a obținut pe cale artificială un alt izotop artificial al hidrogenului — tritiul —, care este de trei ori mai greu decît protiul.

Curînd după aceea tritiul a fost observat și în apa naturală, și în atmosferă, ce-i drept însă în cantități foarte mici. Acesta este cel mai rar gaz de pe Pămînt; în apă se găsește de 10^{18} ori mai puțin decît protiul.

Atmosfera Pămîntului și suprafața sa conține în total numai 1,8 kilograme de tritiu — mai puțin deci decît radonul.

În 1962 savanții italieni au reușit să obțină un izotop foarte instabil — hidrogenul 4, iar nu de mult a apărut o știre despre sinteza hidrogenului 5.

Elementul focului

Aproape 90% din apă constă din oxigen — gazul de care este legată direct existența tuturor vietăților de pe planeta noastră, toată istoria civilizației, dezvoltarea științei și industriei.

Lupta omenirii pentru existență la începuturile dezvoltării sale a fost lupta pentru obținerea focului. Focul este ardere, arderea este utilizarea oxigenului.

În 1774 chimistul englez Priestley, încălzind oxid de mercur, a constatat că se degajează un gaz necunoscut în care ardea cu flacără vie o surcică de brad aprinsă. În același an a apărut lucrarea farmacistului suedez Scheele, care descria obținerea aceluiași gaz din salpetru, oxid de mercur și miniu de plumb. Ambii savanți erau adepții teoriei flogisticului: de aceea au denumit gazul descoperit „gaz deflogisticat", adică lipsit de flogistic. După părerea lor, gazul descoperit extrăgea cu aviditate flogisticul corpurilor care ard, făcîndu-le astfel să ardă mult mai intens decît în aer.

Lavoisier este cel care a înțeles că arderea este adiția oxigenului la corpul care arde și nicidecum eliminarea de flogistic. În scurtă vreme Lavoisier a creat teoria antiflogis-

tică a arderii. Scheele și Priestley au descris oxigenul; Lavoisier l-a descoperit însă în mod real pentru știință.

Încă Priestley observase că oxigenul este necesar pentru respirație. Lavoisier a studiat însă amănunțit respirația omului și a ajuns la concluzia că viața este un proces de ardere lentă.

Alcoolul arde cu flacără vie, formînd bioxid de carbon, apă și căldură. Organismul uman, absorbind oxigen, se comportă în mod analog.

Iată compoziția aerului inspirat:

$$21\%O_2, \qquad 0{,}03\%CO_2, \qquad 78{,}97\%N_2$$

și iată pe cea a aerului expirat:

$$16\%O_2, \qquad 5{,}03\%CO_2, \qquad 78{,}97\%N_2$$

Pătrunzînd în organism, oxigenul se unește final cu substanțele care alcătuiesc țesuturile, formînd bioxid de carbon, apă și căldura necesară pentru existența organismului însuși.

Organismul uman s-a adaptat presiunii atmosferice existente, precum și conținutului de oxigen din aer. La presiunea normală de 760 de milimetri, oxigenul din aer exercită o presiune asupra suprafeței Pămîntului și în special asupra organismelor vii cu o forță de 160 de milimetri coloană de mercur.

Alpiniștii care urcă spre culmea munților simt puternic micșorarea presiunii: sîngele nu reușește să se satureze cu oxigen. Ascensiunea pe Ciomolungma (Everest) a reușit numai datorită înzestrării alpiniștilor cu aparate speciale care permit alimentarea organismului cu oxigen la presiunea normală. Aviatorii utilizează frecvent asemenea aparate.

Locuitorii zonelor muntoase înalte suportă însă ușor depresiunea atmosferică: organismul lor s-a adaptat la mediu. Astfel, locuitorii Anzilor din Peru pot transporta ușor greutăți mai mari de 50 de kilograme la înălțimea de circa 5 000 de metri. Inima lor împinge cu o forță mai mare sîngele în plămîni, cavitatea toracică este mai puternică, sîngele se aprovizionează cu oxigen mai intens decît în cazul locuitorilor de la șes. Uneori și în condiții normale este nevoie de o cantitate mai mare de oxigen: în special pentru bolnavii de inimă și de plămîni.

De unde provine oxigenul

Compoziţia atmosferei este exact aceeaşi ca acum 175 de ani, cînd Cavendish a studiat aerul din diferite localităţi ale Angliei. Dar în fiecare an milioane de oameni şi de animale consumă oxigen, se ard milioane de tone de cărbune, petrol, lemne, şi cu toate acestea cantitatea de oxigen nu scade. De ce?

În 1772 Priestley a făcut următoarea experienţă: a pus sub un clopot un şoarece şi cînd acesta s-a sufocat, a introdus în acelaşi clopot o ramură de mentă. După un timp oarecare, un alt şoarece a putut să respire sub clopot. Planta „a regenerat" aerul.

Astfel, pentru prima dată s-a observat fenomenul de fotosinteză.

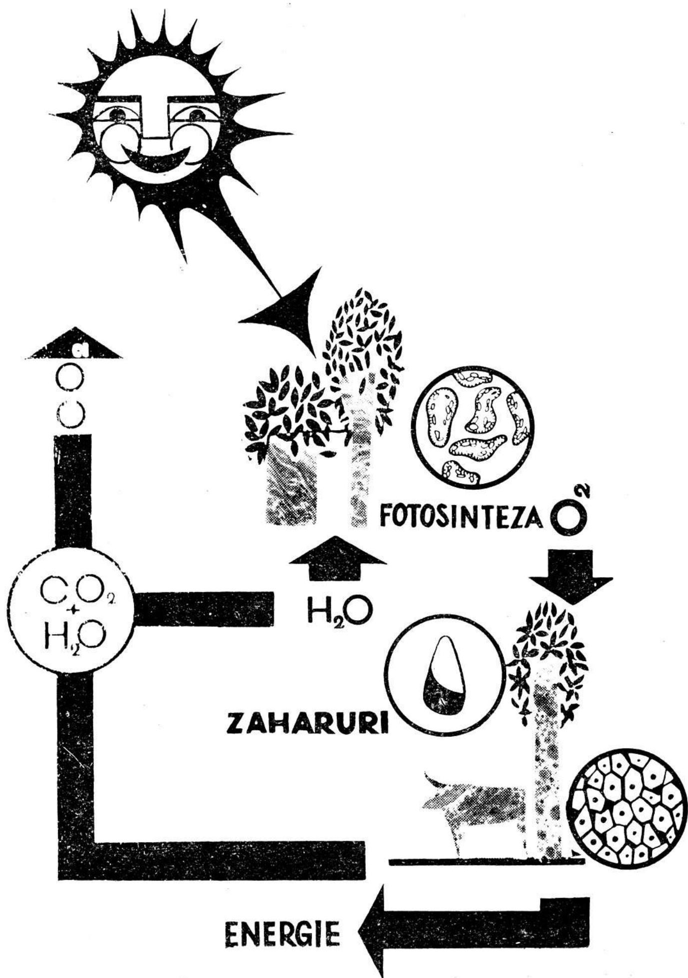
La baza fotosintezei se află reacţia în urma căreia apa şi bioxidul de carbon, sub acţiunea luminii şi a substanţei colorate verzi din frunze — clorofila, — se transformă în amidon şi oxigen. Amidonul serveşte plantei ca aliment, în timp ce oxigenul este eliminat ca nefolositor. Multă vreme se considera că oxigenul se obţine din bioxidul de carbon. A fost însă imposibil să se dovedească sau să se combată această idee pînă ce chimiştii nu au dispus de oxigenul marcat ^{18}O. Cu ajutorul acestuia s-a constatat că tot oxigenul eliminat de plante provine din apă.

Întreaga masă verde de plante acvatice de pe Pămînt elimină în trei mii de ani tot atîta oxigen cît se află în atmosfera terestră.

„Arderea rapidă"

Respiraţia este o ardere lentă. În tehnică este însă foarte importantă „arderea rapidă". Mulţumită ei creşte viteza procesului tehnologic, ceea ce măreşte capacitatea de producţie cu aceleaşi instalaţii şi în aceeaşi perioadă de timp.

O uzină metalurgică are o producţie anuală de 1 000 000 de tone de oţel. Într-un an o astfel de uzină are nevoie de peste 3 miliarde de metri cubi de oxigen. De obicei o asemenea cantitate este luată din aer împreună cu 12 miliarde de metri cubi de azot şi, din păcate, acest azot preia o cantitate enormă de căldură (procesul metalurgic se realizează la 1 000°C), care este eliminată fără folos pe coşurile fabricii.


FOTOSINTEZA
O_2
H_2O
CO_2 + H_2O
ZAHARURI
ENERGIE

În ultimul timp azotul din aer este înlocuit parțial sau total cu oxigen. Datorită acestui fapt crește viteza procesului metalurgic și se micșorează consumul de combustibil, se simplifică instalațiile; totodată se micșorează cantitatea de azot dizolvată în oțel, iar calitatea acestuia se îmbunătățește considerabil.

Oxigenul nu ajută numai la obținerea oțelului și a metalelor neferoase; cu ajutorul său se pot tăia și suda metalele cele mai greu fuzibile.

Oxigenul este foarte activ din punct de vedere chimic; după fluor este cel mai activ element. Multe substanțe, arzînd în atmosferă de oxigen pur, degajează cantități enorme de căldură. Astfel, hidrogenul și acetilena, arzînd în oxigen, dau o temperatură de 3 000°C. În construcții se vede frecvent cum muncitorul taie cu flacăra albastră-gălbuie a suflătorului tuburile metalice. Flacăra oxiacetilenică poate servi la tăierea metalelor: pentru aceasta trebuie o proporție determinată de oxigen și de acetilenă. Dacă după ce metalul este încălzit la roșu se oprește curentul de acetilenă și se trimite numai un curent de oxigen curat, metalul arde în oxigen și se volatilizează, permițînd în felul acesta tăierea în locul respectiv.

Oxigenul sfărîmă stîncile

Dacă am izbuti să ardem cărbunele într-un timp foarte scurt, am obține astfel un exploziv deosebit de puternic. Dar e posibil să mărim viteza arderii cărbunelui de multe mii de ori? E posibil... cu condiția să folosim în acest scop o cantitate corespunzătoare de oxigen; ca să ardem un kilogram de cărbune e nevoie de cca. 2 000 de litri de oxigen.

Dar n-am putea să concentrăm oxigenul? Da, aceasta e cu putință, dacă-l transformăm în lichid. 800 de litri de oxigen gazos dă un litru de oxigen lichid. Îmbibînd cu oxigen lichid o substanță combustibilă poroasă — funingine, mangal, praf de cărbune, turbă măcinată, obținem așa numitele oxiliquite, substanțe explozibile.

Oxiliquitele nu se transportă, ci se prepară la fața locului. Pentru aceasta este nevoie numai de oxigen lichid, iar turbă uscată, mușchi, stuf sau paie se găsesc oriunde. Durata „vieții" oxiliquitelor variază între un sfert de oră și ceva

mai mult de o oră, în funcție de mărimea cartușelor. Este interesant că dacă oxiliquitul, dintr-un motiv sau altul, n-a explodat, el nu trebuie lichidat: după cîtva timp, oxigenul se va volatiliza de la sine din cartuș.

Oxiliquitele sînt ieftine: lucrările efectuate cu ajutorul lor costă pe jumătate față de cele în care se folosește amonal.

Aerul pădurilor de brad

Cu toții ați observat că în codrii de rășinoase aerul are o mireasmă de prospețime, asemănătoare cu cea de după furtună. Același miros, însă mult mai puternic, se simte și într-un cabinet medical în care se produc raze ultraviolete.

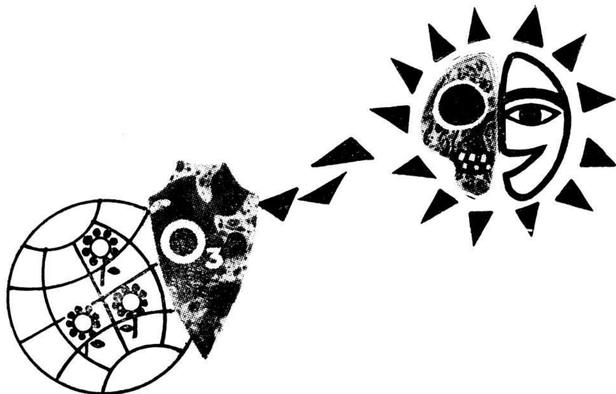
Este mirosul ozonului, gaz care reprezintă o stare alotropică a oxigenului și care este o dată și jumătate mai greu decît oxigenul propriu-zis. Nu e de mirare, căci în molecula de ozon sînt trei atomi de oxigen.

În cetina coniferelor se află terebentină și alte substanțe rășinoase, care favorizează formarea de ozon. Descărcările electrice din timpul furtunii transformă și ele oxigenul din aer în ozon. Ozonul din cabinetele medicale se formează datorită radiațiilor ultraviolete emise de lampa de cuarț și care ionizează aerul.

Atmosfera conține cantități foarte mici de ozon. Acesta se găsește în special în părțile ei superioare. Se consideră în mod convențional că întreaga cantitate de ozon din atmosferă ar forma o pătură de 3 milimetri la înălțimea de 25—30 de kilometri de la suprafața Pămîntului. Acest strat subțire de ozon — „ozonosfera" — protejează Pămîntul de radiațiile ultraviolete care însoțesc lumina solară vizibilă.

Dacă nu ar fi ozonul, viața pe Pămînt ar fi distrusă în timp foarte scurt, căci lipsa ozonosferei ar echivala cu iluminarea continuă a suprafeței Pămîntului cu lămpi puternice de cuarț.

Ozonosfera s-a format datorită razelor ultraviolete, care sînt capabile să scindeze molecula de oxigen în atomi: $O_2 \rightarrow O + O$; $O + O_2 \rightarrow O_3$. Razele ultraviolete mai puțin puternice distrug molecula de ozon, de aceea la o anumită înălțime se stabilește o concentrație de ozon de echilibru. În industrie ozonul se obține în ozonizator prin descărcări electrice lente asupra oxigenului.



Ozonul distruge microbii, de aceea cu ajutorul său se sterilizează apa potabilă (împreună cu clorul). De asemenea se utilizează la albirea țesăturilor și la învechirea vinurilor.

Apa oxigenată

Peroxidul de hidrogen a fost recunoscut ca o substanță unitară în 1818. Chimistul francez Thénard a denumit-o „apă oxigenată", H_2O_2.

Apa oxigenată este un lichid fără culoare și fără miros, de 1,5 ori mai greu decît apa. Este instabilă și se descompune sub influența multor metale, a diverșilor fermenți și a emisiunilor radioactive. Descompunerea peroxidului de hidrogen sub influența catalizatorilor nu este încă studiată complet. Acest compus instabil se poate găsi în apa de ploaie, în zăpadă, în sucurile multor plante, în tutun și chiar în salivă. Probabil că există foarte multe substanțe, încă necunoscute, care încetinesc descompunerea ei. Dintre acestea fac parte sulfura de carbon, stricnina, acidul fosforic și fosfatul de sodiu.

Prin descompunere, apa oxigenată eliberează oxigen în stare atomică, foarte activ, și de aceea este un oxidant puternic.

În timpul celui de-al doilea război mondial, în Germania, pe aerodroame soseau trenuri cu cisterne de aluminiu.

Lichidele din cisterne erau denumite în mod diferit: ingolin, timol, component 1, neutralin, oxilin. În toate cisternele era însă unul și același lucru: apă oxigenată 90%. Aceasta servea drept oxidant în rachetele cu care nemții bombardau Londra în 1944.

În prezent apa oxigenată se utilizează în calitate de catalizator în sinteza materialelor plastice; cu ajutorul ei, constructorii realizează betoane expandate. Medicii văd în apa oxigenată un dezinfectant.

Frații gemeni

În 1927 s-a constatat că oxigenul natural constă din trei izotopi: ^{16}O, ^{17}O și ^{18}O.

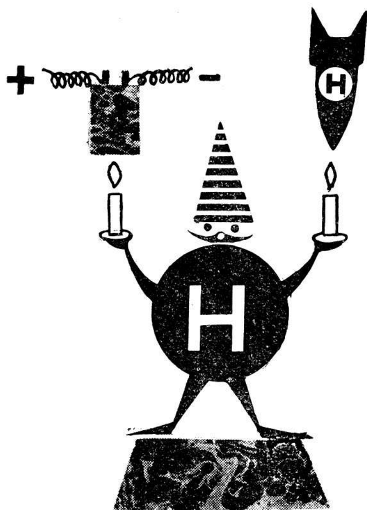
La 3 000 de molecule de oxigen natural revine o moleculă de ^{17}O și 6 molecule de ^{18}O. Acestea sînt foarte apropiate ca proprietăți, iar greutățile moleculare se deosebesc foarte puțin una de alta. Dacă izotopii hidrogenului se deosebesc destul de mult din punctul de vedere al proprietăților și pot fi separați prin distilarea gazului lichefiat și prin electroliza apei, nu tot același lucru se poate spune despre izotopii oxigenului. Aceștia se separă prin difuzia gazelor.

Deosebirea dintre izotopii oxigenului în ce privește proprietățile își găsește expresie și în repartiția diferită în diverse substanțe chimice în funcție de temperatură. Această proprietate a oxigenului este utilizată de paleoclimatologie — știința asupra climei din trecutul îndepărtat. Raportul $\frac{^{18}O}{^{16}O}$ în mineral depinde de temperatura mediului exterior din timpul formării mineralului. Acest raport se păstrează invariabil timp de milioane de ani. Și, dacă se cunoaște timpul în care s-a format mineralul, nu este greu de calculat temperatura la care s-a format.

Apa – sursă de energie

Apa grea, D_2O (oxidul de deuteriu), a fost descoperită în 1932, în apa obișnuită.

În natură există destul de multă apă grea. Aceasta este mai grea decît cea obișnuită și fierbe la 101,4°C. Datorită



acestor diferențe, prin distilare fracționată apa naturală se îmbogățește în D_2O. Sub influența curentului electric, apa grea se descompune de patru-cinci ori mai încet decît H_2O și, prin urmare, în reziduul rămas de la electroliză conținutul în D_2O crește. Pentru obținerea unei tone de apă grea trebuie să se descompună 40 000 de tone de apă naturală și să se consume tot atîta energie cît pentru producerea a 3 000 de tone de aluminiu.

Apa grea se utilizează în special în tehnica nucleară. D_2O este un excelent moderator de neutroni, fiind în această privință de cinci ori mai bună decît grafitul.

În 1940, în Franța, era aproape de intrarea în funcțiune primul reactor atomic, sub conducerea lui Joliot-Curie. Se și fabricaseră 180 de litri de apă grea — aproape întreaga rezervă mondială de atunci. A izbucnit însă războiul și soldații germani au ocupat Parisul. Joliot-Curie a fost chemat la Gestapo. „Unde este ascunsă apa grea?“ a fost întrebat savantul. În același timp, de la țărmul francez pleca spre țărmul englez un vapor care avea la bord apa grea.

Nemții nu au putut captura apa grea, atît de necesară punerii în funcțiune a reactorului atomic.

În afară de această utilizare, apa grea este o sursă industrială de deuteriu.

Apa grea a permis să se rezolve o serie de probleme importante în biologie. Cu ajutorul ei s-a stabilit că în organismul uman timpul mediu de remanență a moleculelor de apă este de 14 zile, în timp ce la peștișorul auriu acest timp este de numai 4 ore.

S-au făcut experienţe de hrănire a şoarecilor cu grăsime care conţine deuteriu. S-a constatat astfel că rezerva de grăsime a animalelor se modifică continuu: grăsimea consumată ca aliment se depune ca rezervă şi se consumă cea depusă anterior.

În natură, unele plante nu permit accesul apei grele în organism. Astfel, savanţii suedezi au observat că apa în care s-a îmbibat orz conţine o cantitate mărită de D_2O. Orzul nu absoarbe moleculele de apă grea. Dacă se repetă operaţia de umezire a orzului cu aceeaşi apă, conţinutul ei în D_2O poate creşte de şapte pînă la zece ori.

Această metodă de a îmbogăţi în apă grea apa obişnuită cu ajutorul plantelor poate avea importanţă practică în viitor.

UNUL DIN CELE MAI VECHI

„...Deodată se auziră bubuituri de tunet și din flacăra muntelui porniră în jos aburi negri de sulf. Cu toții fugiră care încotro. Pliniu se ridică și, sprijinit de doi sclavi, voi și el să fugă de acolo; dar aburii ucigători îl înconjurară din toate părțile, genunchii îi slăbiră; căzu din nou și se sufocă".

Așa a murit în anul 79 e.n., în timpul unei erupții catastrofale a Vezuviului, Pliniu cel Bătrîn, unul dintre cei mai mari savanți ai antichității. Cenușa vulcanică a acoperit atunci două orașe înfloritoare și bogate: Herculanum și Pompei. Gazul otrăvitor, bioxidul de sulf, a asfixiat multe sute de oameni.

Bioxidul de sulf este unul din cei dintîi compuși ai sulfului cunoscuți de oameni. Multă vreme s-au cunoscut numai proprietățile asfixiante ale SO_2; nimeni nu bănuia că, cu timpul, acesta va deveni o materie primă de mare importanță pentru industria chimică. Se știa numai că bioxidul de sulf se formează prin arderea sulfului — element care a jucat un rol extrem de important în istoria chimiei.

Sulful este una dintre cele dintîi substanțe simple cunoscute de omenire, „temelia temeliilor" filozofilor și alchimiștilor antici, un element înconjurat de misticism și tot felul de taine...

În antichitate oamenii atribuiau sulfului proprietăți tainice, supranaturale.

Apoi omul a început să știe mai multe despre sulf.

Orientul, cu cultura lui milenară, a dat lumii civilizate primele informații scrise despre sulf.

...China antică. Manuscrisele chineze au anunțat pentru prima oară lumii prepararea prafului de pușcă, în a cărui componență intra și sulful.

...Vechiul Egipt. Piramidele păstrate ne povestesc despre utilizarea sulfului la prepararea de culori și produse cosmetice încă în mileniul al II-lea î.e.n.

...Roma antică a fost patria celor mai bogate zăcăminte de sulf, pe care Pliniu cel Bătrîn le-a descris amănunțit.

În evul mediu, sulful a avut un rol deosebit de important în lucrările alchimiștilor.

După părerea alchimistului Geber, sulful era unul dintre „principiile fundamentale" ale naturii: în el se întrupau însușirile de a arde, de a fi volatil și de a se putea transforma. Presupunerea lui Geber că toate metalele ar fi alcătuite din sulf și mercur, amestecate în proporții diferite, a devenit cheia de boltă a concepției alchimiștilor despre metale. Alchimiștii voiau să transforme diferitele metale în aur; pentru aceasta, după părerea alchimiștilor, era de ajuns să se extragă din ele sulful.

Sulful pe Pămînt și în cosmos

Zăcămintele subpămîntene de sulf nativ, numeroasele combinații ale sulfului cu metalele, în sfîrșit zăcămintele de alunit de pe povîrnișurile vulcanilor stinși sînt tot atîtea pagini ale unei originale cronici geochimice a acestui interesant element.

Scoarța Pămîntului cuprinde 0,04% sulf. Ca să ne putem imagina concret această cantitate, să încercăm să rezolvăm o problemă simplă: ce cantitate de acid sulfuric se poate obține din tot sulful de pe Pămînt? Calculul ne dă o cifră uriașă: $3{,}16 \cdot 10^{16}$ tone, sau $2 \cdot 10^{7}$ kilometri cubi de acid sulfuric.

Dar sulful n-a participat numai la formarea scoarței pămîntești. El se găsește și în meteoriți, și acest lucru ne îndreptățește să credem că el intră în componența nucleului Pămîntului: mulți savanți socotesc într-adevăr că inima planetei noastre și meteoriții conțin aceleași elemente. Adîncurile Pămîntului sînt foarte bogate în sulf, fapt dovedit nu numai de degajarea de gaze conținînd sulf din vulcani, ci și de numeroasele filoane de roci ce conțin sulf.

„Sfera de acțiune" a sulfului depășește limitele Pămîntului, putînd fi depistată și în cosmos. Împreună cu alte

elemente, sulful este una dintre cărămizile universului. Sulfura de fier și alunitul sînt deopotrivă compuși „cosmici" și „tereștri" ai sulfului.

În compoziția altor planete ale sistemului solar, sulful intră sub formă de sulfură de fier, sau, cum i se mai spune uneori, de fier meteoritic.

Alunitul este un compus complex al sulfului, conținînd potasiu și aluminiu. Dacă urmărim Luna prin telescoape puternice, putem vedea aureolele albe, strălucitoare, care înconjură craterele munților lunari. Să se datoreze ele cumva tot alunitului care se găsește întotdeauna în craterele vulcanilor stinși? În curînd omul va primi răspuns și la această întrebare.

Incursiune în trecutul depărtat

În trecutul foarte depărtat al planetei, temperatura înaltă și cantitățile reduse de oxigen și apă din atmosferă constituiau premise pentru combinarea directă a sulfului cu metalele, pentru formarea sulfurilor. Sulfurile au început să se oxideze abia o dată cu apariția apei lichide și a oxigenului liber. A apărut perioada de „naștere" a sulfaților.

Formarea sulfului nativ s-a produs pe două căi: una dintre ele a fost reacția hidrogenului sulfurat și a bioxidului de sulf, degajate cu prilejul erupțiilor vulcanice. Combinîndu-se, cele două gaze au dat apă și sulf. A mai existat însă și o altă cale de formare a sulfului, datorită căreia au apărut marile zăcăminte de sulf subpămîntene. Dacă cercetăm geografia sulfului, remarcăm că zăcămintele de sulf se află în regiunile sudice: Asia Centrală, Crimeea și Caucaz în U.R.S.S., Sicilia, Japonia și, în sfîrșit, sudul S.U.A. Cum se explică această „atracție" a sulfului către regiunile sudice? După toate probabilitățile, ea nu este întîmplătoare.

Academicianul Fersman considera că pentru formarea sulfului nativ a fost necesar un climat special, uscat, de pustiu. A mai fost necesară, de asemenea, prezența în cantități suficiente a hidrocarburilor, care au redus sulfații în sulf nativ.

Dacă oamenii de știință din trecut atribuiau sulfului proprietăți miraculoase, aceasta se datorește faptului că el are într-adevăr particularități chimice și fizice interesante.

Puține elemente au o chimie atît de „bogată“ ca sulful. Sulful este un exemplu de metaloid clasic și are o asemenea poziție în tabloul periodic, încît și valența lui pozitivă, și cea negativă se manifestă cu același succes.

Sulful acceptă ușor doi electroni străini pe învelișul exterior. El devine bivalent negativ și, sub această formă, intră în molecula de hidrogen sulfurat, H_2S. Principalele valențe pozitive ale sulfului sînt 4+ și 6+. De exemplu, în bioxidul de sulf, sau anhidrida sulfuroasă, SO_2, sulful este tetravalent pozitiv, iar în trioxid, sau anhidrida sulfurică, SO_3 este hexavalent. Combinîndu-se cu apa, acești oxizi dau acizii sulfuros și sulfuric: H_2SO_3 și H_2SO_4.

Dacă în formula acidului sulfuric se înlocuiește un atom de oxigen cu un atom de sulf, se obține un compus extrem de interesant: acidul tiosulfuric, $H_2S_2O_3$. În acesta un atom de sulf este hexavalent pozitiv, iar celălalt, bivalent negativ. Acidul tiosulfuric este un exemplu destul de rar de compus anorganic în care doi atomi ai unuia și aceluiași compus au valențe diferite. Spre deosebire de acidul sulfuric, acizii sulfuros și tiosulfuric nu există în stare liberă.

În sfîrșit, pentru sulf se cunoaște și o mare serie de așa-numiți acizi politionici. Aceștia se formează la reacția anhidridei sulfuroase cu hidrogenul sulfurat în prezența unor cantități mari de apă. Formula lor generală se notează sub forma $H_2S_xO_6$. Indicele x poate avea o valoare cuprinsă între 3 și 6.

Sulful se situează pe unul din primele locuri prin varietatea compușilor anorganici.

El se combină foarte ușor cu aproape toate elementele tabelului lui Mendeleev. Îi rezistă numai gazele inerte, metalele prețioase, azotul și iodul. Foarte multe metale se găsesc în scoarța pămîntească sub formă de sulfați sau sulfuri ca: mirabilitul, gipsul sau numeroasele și variatele pirite. Nici măcar chimistul experimentat nu poate să se descurce totdeauna cu ușurință în varietatea și particularitățile compușilor sulfului.

Să topim o bucată de sulf. În primul rînd se constată o creștere importantă a volumului său, cu aproape 15%. Să

încălzim apoi în continuare lichidul galben, fluid, astfel obținut. La o temperatură de aproximativ 200°C, el devine dintr-o dată o masă întunecată și foarte vîscoasă. Dacă ridicăm temperatura pînă la 200°C, constatăm că am obținut din nou un lichid cu fluiditate mare.

Cum se explică aceste modificări ale proprietăților sulfului? În condiții obișnuite, o moleculă de sulf are aspectul unui inel caracteristic, care leagă opt atomi ai elementului. La încălzire, inelele se desfac treptat și se formează lanțuri din opt atomi, deschise; datorită acestui fapt, crește viscozitatea. Temperatura mai înaltă face să înceapă să se rupă chiar lanțurile și viscozitatea scade din nou. Vaporii de sulf conțin o varietate mare de molecule diferite: S_8, S_6, S_2. Obținerea atomilor individuali de sulf este extrem de dificilă; pentru aceasta este necesară o temperatură foarte înaltă, care să întreacă 1 500°C.

Sulful este cunoscut sub forma cîtorva modificări alotropice. Cea mai stabilă este modificarea denumită rombică; la presiune normală, ea se păstrează pînă la temperatura de 95°C. Sulful rombic are culoare galbenă vie. El formează cristale transparente în formă de octaedri. Atunci cînd temperatura crește, atomii de sulf își schimbă poziția în rețeaua cristalină, se produce o regrupare și se formează sulful monoclinic, care are o culoare galbenă-închis și formează cristale lungi ca niște ace de formă prismatică. Este interesant de urmărit cum, la scăderea treptată a temperaturii, sulful monoclinic se deschide tot mai mult la culoare, iar prismele lungi ale acestuia se descompun în numeroase cristale mărunte, rombice. Toate modificările alotropice existente ale sulfului au o tendință comună de a se transforma în forma cristalină cea mai stabilă, rombică, formă în care sulful se și întîlnește în natură.

Cum se obține sulful

Sulful se topește ușor și arde în aer. De aceea în Sicilia, din cauza insuficienței celorlalte forme de combustibil, se folosea sulful. Obținerea sulfului se bazează în special pe topirea sa lesnicioasă.

În antichitate, topirea sulfului era primitivă. O oală mare de argilă, prevăzută la fund cu orificii, se umplea cu minereu

bogat în sulf. Oala se punea peste alta îngropată în pămînt. Acest „aparat" simplu se încălzea. Sulful se topea și se scurgea prin orificii în oala de jos.

Au trecut secole și procedeele de topire a sulfului s-au perfecționat tot mai mult. În funcție de formele zăcămintelor de sulf și de impuritățile care însoțesc de obicei sulful, omul a găsit procedeele cele mai variate de obținere a acestuia.

Spre deosebire de zăcămintele din Sicilia, sulful american se găsește foarte adînc sub pămînt. Extragerea lui cu ajutorul minelor a fost imposibilă, din cauza marii porozități a solurilor.

Inginerul american Frasch a propus o soluție originală. Printr-un sistem de țevi băgate una într-alta s-a introdus sub pămînt abur supraîncălzit sub presiune, care a topit sulful și l-a împins la suprafață. Astfel, în secolul trecut, în peninsula Florida s-a produs o erupție de sulf pur topit.

Sulful rafinat este utilizat pe scară largă în viața omului.

„Piatra de foc"

...Oamenii primitivi obțineau cu greutate focul. Cu ajutorul desenelor din manualele de istorie ne imaginăm un om înfășurat în piei, care produce scîntei lovind cu cremenea o piatră.

Această piatră era binecunoscută și de grecii antici. Pentru culoarea ei galbenă vie și poate pentru faptul că, lovită cu cremenea, dădea naștere la un mănunchi de scîntei, ei au denumit-o pirită, ceea ce înseamnă foc.

Cutia de chibrituri ne scutește de grija obținerii focului. Cu toate acestea, amnarele de pirită din antichitate au ajuns pînă în zilele noastre. Eschimoșii din America polară folosesc încă și astăzi „piatra de foc".

În prezent, pirita reprezintă baza producției de acid sulfuric.

Formula chimică a piritei este FeS_2, polisulfură de fier.

Să scoatem dintr-o moleculă de pirită un atom de sulf. Cristalele strălucitoare, „de foc", ale piritei se transformă în cristale friabile negre de sulfură de fier, FeS.

Dacă zăcămintele de polisulfură de fier sînt impunătoare, sulfura de fier nu se întîlnește însă ca mineral pe Pămînt. Ea este un „musafir din cosmos", pe care-l găsim în special

în meteoriți. Sulfura de fier a prezentat timp îndelungat o enigmă în metalurgie. Prezența ei în oțel chiar în cantități neînsemnate făcea oțelul casant și inapt de o prelucrare ulterioară. Secretul vestitului fier rus și suedez din secolul al XVIII-lea consta tocmai în faptul că se obținea din minereuri fără sulf.

O altă sulfură importantă cunoscută încă din vremuri străvechi este cinabrul, sulfura de mercur. Pentru culoarea ei roșie aprinsă, indienii au denumit-o „sînge de balaur".

Sulful și mercurul se combină ușor între ele. Această afinitate a fost constatată de foarte multă vreme, ca, de altfel, și procesul opus — obținerea mercurului din cinabru. Pe baza izvoarelor istorice se poate considera că această reacție era cunoscută încă de Democrit. În orice caz, și în ziua de azi se utilizează cinabrul ca materie primă pentru obținerea mercurului.

O rudă apropiată a cinabrului este sulfura de zinc. Este transparentă și nu amintește de loc un minereu de sulf obișnuit. Sulfura de zinc are proprietăți foarte interesante. Sulfura de zinc devine luminescentă sub acțiunea radiațiilor Röntgen sau a celor radioactive. Această particularitate este larg utilizată. De exemplu, cu ajutorul unei plăci mici pe care s-a aplicat un strat subțire de sulfură de zinc, s-a reușit pentru prima oară să se observe vizual transmutația alfa a atomilor radioactivi. Nucleul de heliu (particulele alfa), ciocnindu-se de placă, produc scînteieri (scintilații). Pe acest principiu se bazează construcția unui aparat special pentru studiul radioactivității — spintariscopul.

Sulfura de zinc, sulfura de plumb (galena), PbS, și sulfura de cupru, Cu_2S, sînt principalele materii prime pentru obținerea metalelor respective: zincul, plumbul și cuprul.

O interesantă utilizare de laborator prezintă sulfurile elementelor pămînturilor rare. Acești compuși se topesc extrem de greu; sînt cel mai greu fuzibili dintre sulfurile cunoscute. De aceea într-un creuzet din sulfură de ceriu se pot topi substanțe atît de „dîrze" ca oxidul de aluminiu.

Una dintre cele mai importante pentru industrie este sulfura de sodiu, Na_2S, care nu se întîlnește în natură. Este folosită în procesele de preparare a coloranților pe bază de sulf. Se folosește de asemenea în industria pielăriei.

Sulfura de sodiu are cea mai mare importanță tehnică dintre toate sulfurile obținute sintetic.

Sulful constructor, sculptor, medic...

A treia formă de existență a sulfului în scoarța Pămîntului o constituie sulfații.

Au proprietăți chimice și fizice diferite și o singură caracteristică comună: solubilitatea ușoară în apă a aproape tuturor, cu excepția sulfatului de plumb, $PbSO_4$, și a celui de bariu, $BaSO_4$. Această caracteristică oferă posibilitatea de a trage concluzii asupra destinului lor comun în trecut. În epocile geologice îndepărtate, o dată cu apariția oxigenului liber, a început oxidarea treptată a sulfurilor și transformarea lor în sulfați. Cu apariția apei lichide, sulfații s-au dizolvat și au fost antrenați de rîuri în uriașele oceane. Numai după aceea, în procesul de uscare a mărilor și oceanelor, o parte din sulfați a început să cristalizeze sub formă de gips, o parte sub forma sării lui Glauber, Na_2SO_4, iar altă parte a continuat să rămînă dizolvată în apa de mare. Această sare este cunoscută sub denumirea de sulfat de magneziu.

Poate că destinul cel mai puțin banal este acela al sulfatului de calciu, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, denumit de obicei gips. În funcție de diferitele impurități, de condițiile în care s-a produs depunerea sulfatului de calciu din soluția apoasă, s-au format diferite forme de gips. Acest mineral ne apare de obicei sub forma unor druze cristaline ciudate, care ne amintesc o rozetă sau coada unei rîndunici. În ce privește culoarea, el prezintă o mare varietate de nuanțe: de la alb transparent pînă la brun, galben și roz delicat.

Natura a înzestrat gipsul cu proprietățile cele mai variate, care sînt de mult puse în slujba omului.

Gipsul este mult folosit în construcții. Din el se fac numeroase detalii arhitecturale și se prepară materiale liante. Se utilizează gips ars, care și-a pierdut o parte din apa de cristalizare. Dacă acest gips se amestecă din nou cu apă, el se solidifică rapid, transformîndu-se din nou în $CaSO_4 \cdot 2H_2O$. Sulfatul de calciu are aplicații și în chirurgie: în cazul celor mai complexe fracturi, oasele se fixează cu ajutorul gipsului în poziția necesară.

Unele varietăți ale gipsului, ca alabastrul și anhidritul, se bucură de mare prețuire din partea iubitorilor de artă. Alabastrul galben-pal, cu nuanțe calde, s-a dovedit un minunat material pentru sculptură. Mineral moale, transparent, el este foarte maleabil în mîinile sculptorilor în piatră

experimentați. Încă în secolul al XV-lea maeștrii din Toscana au creat vase și lampadare minunate din alabastru, folosind proprietatea lui de a lăsa să treacă razele de lumină.

Sculptorii folosesc ca material și anhidritul — o varietate deosebită a gipsului. Anhidritul este de culoare albastră-cenușie, cu o nuanță lunară. El este cu mult mai dur decît gipsul și romanii din antichitate îl foloseau și pentru coloane.

Natura a dat zăcăminte bogate de gips tuturor țărilor.

Printre numeroasele săruri existente în soluție în apa unor lacuri saline, locul principal îl ocupă sulfatul de sodiu, sau mirabilitul. În cantități deosebit de mari se găsește în apele golfului Kara-Bogaz Gol de la Marea Caspică.

Mirabilitul are numeroase calități prețioase.

La începutul secolului al XVII-lea trăia în Germania chimistul Johann Rudolf Glauber. Îmbolnăvindu-se grav, Glauber, sfătuit de cunoscuți, a început să bea apă dintr-un izvor anumit și s-a vindecat. Savantul s-a interesat de compoziția apei. În acest scop a evaporat-o într-o capsulă și a căpătat cristale lungi, albe ale unei sări.

Cristale asemănătoare a obținut ulterior prin acțiunea acidului sulfuric asupra sării „de bucătărie“, adică a clorurii de sodiu. În amintirea vindecării sale, Glauber a denumit sarea obținută de el *sal mirabilis* („sarea minune“), sau mirabilit. Mai frecvent, această sare este denumită sarea lui Glauber. Formula ei chimică este $Na_2SO_4 \cdot 10\,H_2O$.

Sulfatul de sodiu anhidru este folosit la obținerea sticlei. El servește ca sursă pentru obținerea sodei, sulfului, sulfatului de amoniu, sulfurii de sodiu, sulfatului de potasiu și a altor substanțe. Este utilizat și în industria hîrtiei.

Printre numeroasele săruri ale apei de mare, un rol important îl are sulfatul de magneziu, $MgSO_4$, care dă apei de mare gustul său specific amar-sărat. Sub denumirea de „sare amară“ este folosit în medicină ca purgativ.

Circuitul sulfului în natură

Toate cele trei stări ale sulfului natural — sulful nativ, sulfurile și sulfații — nu sînt izolate una de alta, ci sînt legate între ele printr-un lanț întreg de transformări reciproce.

La începutul existenței Pămîntului, sulful s-a combinat direct cu metalele, formînd sulfuri. Cu apariția oxigenului

liber, sulfurile s-au oxidat în sulfați. Sulful din gazele vulcanice a avut aceeași soartă ca și sulfurile, adică s-a oxidat în acid sulfuric, iar după aceea a trecut în sulfați. Căci tendința principală a sulfului din lumea nevie este de a se transforma în compuși în care are valență superioară — sulfați. Aceștia servesc ca o punte care leagă sulful din natura nevie de sulful care suferă transformări în biosferă.

Se știe că toate animalele și organismele vegetale conțin sulf. Plantele îl capătă din sulfații solubili ai solului, iar animalele din plante.

După moarte, animalele și organismele vegetale se descompun: sulful se degajează ca hidrogen sulfurat. Acesta este oxidat de bacterii speciale, pentru care servește ca substanță nutritivă. Hidrogenul sulfurat oxidat se transformă în apă și sulf liber, care, la rîndul său, se oxidează în acid sulfuric, intrînd în combinație cu alte substanțe. Ca urmare se formează sulfați, care sînt folosiți din nou de plante și animale. Așa se închide lungul ciclu de transformări ale sulfului în natură.

Temelia temeliilor industriei chimice

În America de Sud, în Cordilieri, există un mic vulcan numit Purace; chiar de la crater începe rîul Rio Vinagre. În apele acestuia oamenii de știință au constatat prezența acidului sulfuric natural. Rîul duce zilnic în mare pînă la 20 de tone de acid sulfuric. S-ar părea că această cantitate de acid, creat în laboratorul naturii, nu este mică. În realitate însă, aceasta este — și la propriu, și la figurat — o picătură în mare în raport cu sutele de mii și milioanele de tone necesare pentru a satisface complet necesitățile omului în acid sulfuric.

Și în Asia Centrală, în nisipurile care acoperă movilele de sulf, s-au descoperit mari acumulări de acid sulfuric. Atunci cînd participanții la expediția din Karakum, întorcîndu-se din pustiu, au început să examineze probele de minereu de sulf, au fost frapați de următorul fapt: hîrtia în care fusese ambalat minereul s-a transformat în niște zdrențe jalnice; pînă și lăzile de lemn au fost atacate.

După părerea academicianului Fersman, în natură există acumulări destul de importante ale acestui mineral lichid.

Importanța acidului sulfuric în viața omului este imensă. Producția lui este unul din criteriile după care se apreciază forța industrială a fiecărei țări dezvoltate[1]. Nici un produs chimic nu are o utilizare atît de variată ca acidul sulfuric. Cu ajutorul lui se obțin numeroși alți acizi: fosforic, clorhidric, fluorhidric, acetic, precum și diferite săruri tehnice.

Aproape jumătate din întreaga cantitate de acid sulfuric produs se consumă pentru obținerea îngrășămintelor agricole, în special a superfosfatului.

Fără acid sulfuric nu se pot produce substanțele explozibile.

În industria petrolieră, acidul sulfuric se utilizează pentru purificarea petrolului lampant, a uleiurilor lubrifiante și a altor produse petroliere; în construcția de mașini se utilizează pentru decaparea metalelor; în metalurgie — pentru obținerea cuprului, zincului, cobaltului, nichelului și a altor metale neferoase.

Textiliștii tratează țesăturile înainte de vopsire cu sulfați de aluminiu și bariu.

Acidul sulfuric se utilizează la obținerea materialelor plastice și a fibrelor sintetice. El este necesar pentru numeroase procese de sinteză organică industrială.

Acidul sulfuric, mai just obiectele obținute cu ajutorul acestuia, ne înconjură și în viața de toate zilele. Chibriturile, celuloidul, vopselele, săpunul și chiar hîrtia și cerneala cu care scriem sînt obținute cu participarea acidului sulfuric și a derivaților săi.

Acidul sulfuric a fost unul dintre stimulatorii de căpetenie ai progresului tehnic.

Chiar dacă nu am vorbi despre ramurile industriei cărora le-a dat viață acidul sulfuric, numeroase fabricații, datînd dinainte de descoperirea lui, ar continua fără intervenția lui să aibă un caracter meșteșugăresc, primitiv. Oamenii ar continua să producă hîrtia, cerneala, să obțină metale neferoase, să vopsească țesături prin metode tot atît de arhaice ca în evul mediu...

Ar fi putut oare presupune alchimiștii din evul mediu, cînd cu zece secole în urmă au obținut pentru prima dată acidul sulfuric prin calcinarea „pietrei vinete“ (sulfatul de

---

[1] În Romînia, producția de acid sulfuric se înscrie în anii puterii populare pe o linie continuu ascendentă. Ea a atins 417 000 t în 1964 față de numai 44 000 t în 1938 *(N.t.)*.

cupru) că substanța descoperită de ei va deveni atît de utilă pentru omenire?

Zece secole în urmă... În laboratorul cărui visător alchimist s-o fi născut acidul sulfuric? S-ar putea ca cinstea descoperirii lui să revină, după cum consideră mulți istorici ai chimiei, lui Abubekr al-Razi, cunoscut savant persan.

Timp de multe secole acidul sulfuric a fost preparat prin calcinarea sulfatului de fier. De abia în secolul al XV-lea a apărut o metodă nouă: arderea unui amestec de sulf și azotat de potasiu. Acest procedeu a fost aplicat timp de aproape trei sute de ani. El a suportat încercarea timpului, însă prezenta și dezavantaje: în felul acesta se puteau obține doar cantități neînsemnate de acid.

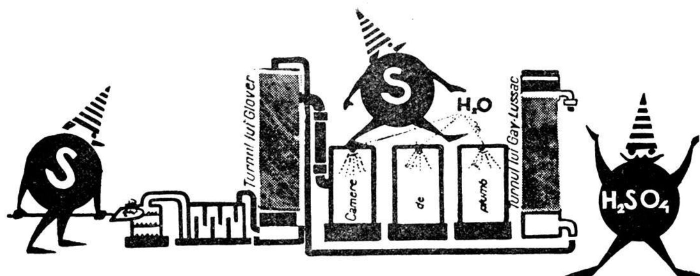
Viața își urma cursul, ea punea mereu probleme noi în fața oamenilor. Acidul sulfuric trebuia să iasă din limitele micilor laboratoare și ale farmaciilor. Rezolvarea acestei sarcini se izbea de o singură problemă, care părea însă insolubilă: în ce vase trebuie să se producă acidul sulfuric? Alchimiștii și farmaciștii utilizau vase de sticlă, inutilizabile pentru o producție mare. Toate metalele cunoscute pînă atunci nu puteau fi nici ele utilizate în acest scop, deoarece erau atacate.

După proiectul lui Roebuck s-a construit în 1741, în Scoția, prima uzină de obținere a acidului sulfuric prin procedeul cu camere.

În 1806 chimistul francez Clément-Desormes a făcut o descoperire importantă: a dovedit că, în producția acidului sulfuric prin procedeul cu camere, oxidarea bioxidului de sulf se efectua pe seama cedării oxigenului de către oxizii de azot prezenți. Silitra — azotatul de potasiu — a putut fi înlocuită, ca oxidant, cu acidul azotic.

Pentru obținerea acidului sulfuric este nevoie de bioxid de sulf. Acesta se formează la prăjirea sulfurilor; urmează oxidarea lui în anhidridă sulfurică, combinarea anhidridei sulfurice cu apa și... acidul sulfuric este gata. S-ar părea că totul este foarte simplu!

În realitate, obținerea acidului sulfuric este un proces tehnologic complex, în cadrul căruia sînt legate între ele numeroase transformări chimice. În decursul întregii istorii a fabricației acidului sulfuric, chimiștii au căutat stăruitor și au pus la punct diferite perfecționări, care au făcut obținerea acidului sulfuric tot mai simplă și mai economică.



Vechiul procedeu de obținere a acidului sulfuric, cu camere, a fost înlocuit printr-un procedeu mai nou, „cu turnuri". Perfecționările au atins însă numai tehnologia. Partea chimică a procesului a rămas neschimbată. Ambele procedee pot fi îmbinate sub denumirea comună de procedeu de obținere a acidului sulfuric prin nitroză.

Procedeul prin nitroză constă în oxidarea bioxidului de sulf în acid sulfuric. Ca oxidant servește bioxidul de azot dizolvat în apă. Formula chimică a acestui proces este foarte simplă:



$$SO_2 + NO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_4 + NO.$$

Oxidul de azot format, NO, nu se pierde în desfășurarea procesului de producție. Oxigenul îl oxidează din nou în bioxid și NO_2 regenerat poate fi utilizat din nou. Acest fapt prezintă o mare valoare economică. În realitate, oxizii de azot nu se consumă. Cedînd oxigen bioxidului de sulf, bioxidul de azot îi accelerează procesul de oxidare, avînd și rolul unui catalizator original.

Cum se întîmplă toate acestea în practică? Gazele evacuate din cuptoarele de pirită conțin bioxid de sulf. Ele trec prin turnuri, unde sînt stropite cu nitroză. Nitroza este, de fapt, acid sulfuric în care s-a dizolvat acid nitrozil-sulfuric ($NOHSO_4$). Pe lîngă nitroză, în turnurile de reacție se introduce de asemenea apă; din acidul nitrozil-sulfuric se obțin acizii sulfuric și azotos. Acidul azotos oxidează acidul sulfuros, format din bioxid de sulf și apă, făcîndu-l să treacă în acid sulfuric.

Gazele care conțin oxizi de azot intră apoi în turnuri de absorbție, stropite cu acid sulfuric. În aceste turnuri

are loc formarea acidului nitrozil-sulfuric. Astfel, oxizii de azot sînt captați și nu trec în atmosferă.

Prin procedeul cu turnuri se obține acid sulfuric destul de diluat, concentrația sa neîntrecînd 75%. Acest acid se utilizează de obicei pentru producția îngrășămintelor chimice. Pentru obținerea acidului sulfuric concentrat se aplică așa-numitul procedeu de contact[1]. Acesta constă în oxidarea bioxidului de sulf de către oxigenul din aer în contact cu un catalizator și combinarea ulterioară cu apă a anhidridei sulfurice obținute.

În cuptoare speciale se prăjesc sulfuri metalice (de regulă sulfura de fier, sau pirita). La prăjire se obține bioxid de sulf în amestec cu aerul. Gazele se purifică bine de praf și, ceea ce este și mai important, de diferitele impurități care pot „otrăvi" catalizatorul, de exemplu de trioxidul de arsen. Numai după aceea amestecul de gaze, încălzit, trece în aparatul de contactare. Anhidrida sulfurică formată este „captată" în acid sulfuric concentrat, care, saturîndu-se, se transformă într-un lichid dens, uleios — soluție de anhidridă sulfurică în acid sulfuric anhidru.

La început, drept catalizator s-a utilizat platina. În condițiile unei bune purificări a gazului, platina își poate păstra activitatea timp de aproape 15 ani. Procedeul nu este însă rentabil, deoarece platina este foarte scumpă.

În ultimul timp a început să fie utilizată anhidrida vanadică, mult mai ieftină și mai puțin sensibilă la diferitele genuri de „otrăvuri".

În sfîrșit, acidul sulfuric a fost obținut. El se prezintă ca un lichid greu, uleios.

Acidul sulfuric are caracteristici foarte ciudate. Este greu de găsit încă o substanță ale cărei proprietăți să varieze atît de mult în funcție de concentrație. În raport cu metalele, acidul sulfuric concentrat și cel diluat se comportă cu totul diferit.

---

[1] Procedeul cu camere, ca și procedeul cu turn sînt înlocuite treptat cu procedeul mai modern, de contact. Aceasta deoarece, o dată cu dezvoltarea industriei chimice și în special a petrochimiei, apar cantități importante de acid sulfuric rezidual ce poate fi folosit în fabricarea superfosfatului, înlocuind astfel acidul sulfuric diluat — de camere, sau de turn — în condiții mult mai economice. Numai din fabricația detergenților — substanțe de spălare ce iau locul săpunului — se obțin cantități apreciabile de acid sulfuric rezidual: 5,5 tone de acid sulfuric cu o concentrație de 55%, la fiecare tonă de substanță activă, din care se obțin, în medie, 5 tone de substanță de spălare *(N.t.)*.

Acidul sulfuric diluat dizolvă toate metalele care se găsesc la stînga hidrogenului în seria electrotensiunilor, cu excepția plumbului; la dizolvare se degajează hidrogen. Insolubilitatea plumbului în acid sulfuric diluat a avut un rol hotărîtor în producția acidului sulfuric prin procedeul cu camere. În acid sulfuric concentrat, plumbul se dizolvă complet, de aceea la procedeul prin contact, cînd acidul sulfuric obținut este de concentrație înaltă, plumbul nu poate fi utilizat drept material în procesul tehnologic.

Acidul sulfuric concentrat dizolvă, încălzit, aproape toate metalele, dar în acest caz el își manifestă caracterul oxidant și, în loc de hidrogen, se degajează bioxid de sulf. Și din nou o surpriză: se constată că acidul sulfuric concentrat nu dizolvă fierul. Pe această proprietate se bazează transportul acidului sulfuric în cisterne de fier.

Acidul sulfuric are o mare afinitate față de apă, cu care se combină violent, degajînd o mare cantitate de căldură.

Capacitatea acidului sulfuric de a absorbi vaporii de apă explică utilizarea sa la uscarea unor gaze și la fabricarea pulberilor fără fum.

Acidul sulfuric concentrat are proprietatea de a carboniza diferiți compuși organici, de exemplu hidrații de carbon. Și în acest caz acidul sulfuric se manifestă ca o substanță cu „dublă personalitate".

Să luăm, de exemplu, o bucată de celuloză vegetală și s-o punem în contact cu acid sulfuric de diferite concentrații. Extrăgînd apa din celuloză, acidul sulfuric concentrat o carbonizează.

Acum să picurăm pe celuloză acid sulfuric diluat: celuloza nu se mai carbonizează, ci începe să se fărîmițeze. Sîntem în fața aceleiași acțiuni distrugătoare a acidului sulfuric, însă esența procesului este alta, cu totul opusă. În acest caz celuloza nu pierde apa, ci o adiționează, transformîndu-se într-o substanță deosebit de fragilă, hidroceluloza, care începe imediat să se dezagrege.

Care este viitorul acidului sulfuric? Își va pierde el oare vreodată poziția sa de frunte în industria chimică? Întrebarea este justificată, deoarece sînt numeroase materialele din trecut care încep să cedeze din pozițiile cucerite de ele. Este însă îndoielnic să se găsească o substanță atît de universală, încît să poată înlocui acidul sulfuric în toate domeniile sale de utilizare.

Hidrogenul sulfurat – dușman și prieten

Cu șaizeci de ani în urmă, pe insula Martinica, la cinci kilometri de vulcanul Mont-Pelée, se afla un mic orășel, Saint-Pierre. Astăzi acest oraș nu mai există pe hartă, deoarece a avut o soartă tragică.

...Într-o zi craterul vulcanului a început să degajeze cantități mai mari de hidrogen sulfurat. Și apoi, într-o singură noapte, ca rezultat al unei puternice erupții, au pierit toți locuitorii orașului; un singur om a scăpat cu viață.

Apariția din craterele vulcanilor a hidrogenului sulfurat, ca și a bioxidului de sulf, este de obicei avertismentul amenințător al unui început de erupție vulcanică.

Hidrogenul sulfurat se întîlnește în natură în special în regiunile vulcanice, degajîndu-se uneori „direct de sub pămînt". Pe insula Djawa, din fundul unei văi de la poalele unui vulcan stins, se degajează hidrogen sulfurat care face să piară orice ființă vie ce pătrunde acolo. Valea, acoperită în întregime de schelete de animale, poartă numele de „Valea Morții".

Hidrogenul sulfurat se recunoaște după mirosul său caracteristic de ouă stricate. Puțini oameni știu însă cît este de otrăvitor. Nu este mai puțin periculos decît vaporii acidului cianhidric. Hidrogenul sulfurat este mortal chiar în doze mici: un conținut de 0,2% în aer omoară animalele aproape instantaneu. În natură hidrogenul sulfurat se formează și cu prilejul putrezirii substanțelor proteice.

Hidrogenul sulfurat este de temut datorită faptului că face parte dintre otrăvurile cumulative. Inspirarea hidrogenului sulfurat slăbește simțul mirosului, omul pierde senzația pericolului și continuă să rămînă în aerul otrăvitor pînă intervine moartea.

Hemoglobina din sînge conține fier. Sulful are mare afinitate față de metale. Pătrunzînd în sîngele omului, hidrogenul sulfurat reacționează cu fierul, formînd sulfura de fier, după cum arată și următoarea experiență. Se trece hidrogen sulfurat prin sînge proaspăt: culoarea, din roșie, devine verde-murdar. Pînă și argintul, unul dintre metalele cele mai „stabile", este atacat de hidrogenul sulfurat și, acoperindu-se de o peliculă de sulfură, se înnegrește.

Din ce cauză unele tablouri ale străluciților pictori ai Renașterii au ajuns să aibă un colorit spălăcit, lipsit de viață? De ce culorile și-au pierdut strălucirea și prospețimea

inițială? Mulți pictori au utilizat ca vopsea albă albul de plumb. Sub acțiunea hidrogenului sulfurat, prezent întotdeauna în aer în cantități foarte mici, plumbul s-a transformat încetul cu încetul de-a lungul secolelor în sulfură de plumb, de culoare neagră-brună.

Cel mai adesea hidrogenul sulfurat se obține prin acțiunea acizilor diluați asupra sulfurilor metalice. Hidrogenul sulfurat este foarte inflamabil: în amestec cu aerul explodează. Arde cu o frumoasă flacără roșie, cu formare de bioxid de sulf și de apă. Produs intermediar la arderea hidrogenului sulfurat poate fi sulful.

Hidrogenul sulfurat este unul dintre cei mai puternici reducători. În natură el nu se acumulează în cantități mari, deoarece oxigenul din aer îl oxidează curînd și se formează sulf liber.

În mări se formează hidrogen sulfurat, ca urmare a putrezirii a numeroase substanțe vii și bacterii. Unii oameni de știință consideră că, găsindu-se în zona oxidantă a mării, hidrogenul sulfurat se transformă, ca rezultat al oxidării în sulf liber. După părerea lor, sulful astfel obținut cade sub forma unei ploi de sulf, de exemplu, pe fundul unui asemenea „rezervor clasic de hidrogen sulfurat" cum este Marea Neagră. În acest mod s-ar putea forma foarte mari zăcăminte marine de sulf.

Lucrurile se petrec însă, probabil, într-un mod mult mai complex. Sulful obținut ca rezultat al oxidării hidrogenului sulfurat în apa sărată nu se scufundă, ci iese la suprafață, pătrunzînd în zona oxidantă, în care se oxidează; se formează sulfați.

Sulful și cauciucul

Sulful este un fel de baghetă magică: cu ajutorul lui cauciucul natural se transformă în cauciucul vulcanizat, prezent în viața de fiecare zi. Statisticile arată că în prezent din cauciuc se fabrică mai mult de 35 000 de sortimente.

Pentru ca să capete proprietăți fizico-chimice superioare, cauciucul se vulcanizează, adică se încălzește cu sulf sau compuși cu sulf la o temperatură de aproximativ 140°C.

În ce constă sensul chimic al procesului de vulcanizare?



Cauciucul este alcătuit din molecule lungi ca niște fire, conținînd legături nesaturate. Atomii de sulf, adiționîndu-se la aceste legături, leagă între ele, „țes" moleculele de cauciuc. Pe seama acestui proces apar noile proprietăți ale cauciucului vulcanizat: rezistența, marea elasticitate și stabilitatea termică.

Pentru obținerea cauciucului vulcanizat obișnuit se adaugă cauciucului natural aproximativ 1—3% sulf. La acest conținut de sulf, în moleculele de cauciuc se completează numai o parte a legăturilor duble, ceea ce favorizează obținerea unui cauciuc vulcanizat moale.

Să încercăm însă să mărim conținutul de sulf aproximativ pînă la 45%. În acest caz atomii lui vor lega aproape toate legăturile duble ale moleculei de cauciuc natural. Se formează ebonita, substanță solidă, neagră, cu bune proprietăți electroizolante, care se utilizează în special pentru confecționarea produselor electrotehnice. Pe marea rezistență a ebonitei la acizi se bazează utilizarea ebonitei pentru confecționarea cutiilor de acumulator.

Sulful nu ajută numai la transformarea cauciucului natural în cauciuc vulcanizat. Cu ajutorul lui se poate obține cauciucul sintetic anorganic, cu proprietăți prețioase. În tehnică acest compus este cunoscut sub denumirea de tiocol.

Tiocolul se obține prin încălzirea unei soluții de sulfură de sodiu cu sulf și prin reacția ulterioară a polisulfurii astfel

obținute cu diclor-etan și cu așa-numite substanțe de dispersie. Ca rezultat al unui proces tehnologic complex se obține o masă brună compactă. Acesta este tiocolul. Practic el nu se dizolvă în nici unul dintre dizolvanții obișnuiți. Numai sulfura de carbon provoacă o ușoară umflare a tiocolului.

Tiocauciucul are un miros extrem de neplăcut. În comparație cu celelalte sortimente de cauciuc sintetic nu este suficient de rezistent, iar la temperatura de —40°C își pierde complet elasticitatea. Aceste deficiențe ale tiocolului sînt secundare însă în comparație cu avantajele ce le prezintă: este foarte rezistent la dizolvanți, la acțiunea ozonului și la îmbătrînire.

Atunci cînd în tehnică este necesar un cauciuc cu astfel de proprietăți, tiocolul este de neînlocuit. Din tiocol se fac conducte și furtunuri pentru benzină, petrol lampant și benzen. Cu ajutorul tiocolului se confecționează acoperiri protectoare pe țesăturile pentru aerostate, impermeabile pentru hidrogen și heliu. Tiocolul este utilizat în industria aviatică, în poligrafie și în industria chimică.

Tiosulfatul de sodiu și rolul său

S-a arătat că dacă într-o moleculă de acid sulfuric un atom de oxigen se înlocuiește cu unul de sulf, se obține un compus extrem de nestabil, cunoscut sub denumirea de acid tiosulfuric. În stare liberă acidul tiosulfuric se descompune instantaneu în acid sulfuros și sulf.

Sărurile sale — tiosulfații — sînt compuși mai stabili. Dintre ele, cele mai multe utilizări practice le are tiosulfatul de sodiu. Formula lui chimică este $Na_2S_2O_3$.

Deoarece tiosulfatul conține sulf bivalent negativ, el are proprietăți reducătoare, ceea ce permite să fie utilizat pentru legarea unor oxidanți atît de activi cum este clorul. În acest scop tiosulfatul se utilizează, după albirea țesăturilor, pentru îndepărtarea excesului de clor.

Tiosulfatul de sodiu nu este însă cunoscut numai ca un produs „anticlor". Orice fotograf amator a putut constata că uneori, sub acțiunea luminii sau după o păstrare îndelungată, fotografiile se acoperă cu pete brune-cenușii. În acest



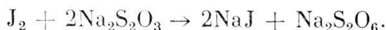
caz se spune că fotografia „a fost insuficient fixată", adică a fost insuficient tratată cu fixator.

După developare, emulsia plăcii fotografice sau a filmului conține bromură de argint nedescompusă; pentru îndepărtarea ei placa se introduce în fixator, adică de obicei într-o soluție de tiosulfat (în termeni fotografici este denumit hiposulfit). Rolul hiposulfitului este de a determina trecerea compușilor insolubili de argint în compuși complecși solubili. Ca rezultat al fixării, imaginea devine stabilă la acțiunea luminii și nu se schimbă la o păstrare îndelungată.

Tiosulfatul de sodiu este utilizat și în medicină. El este un antidot în otrăvirile cu arsen și cianuri. Extern este folosit la tratamentul scabiei și la arsuri grave.

Această substanță reacționează rapid cu iodul, reacție care stă la baza iodometriei — una dintre principalele metode ale analizei volumetrice, de mare însemnătate în chimia analitică.

Reacția iodului cu tiosulfatul se notează în modul următor:



$$J_2 + 2Na_2S_2O_3 \rightarrow 2NaJ + Na_2S_2O_6.$$

La terminarea procesului, culoarea caracteristică a iodului dispare. Cunoscînd cantitatea de tiosulfat consumat, se poate calcula cantitatea de iod conținută în soluție.

Care este viitorul sulfului ?

Sînt foarte mari vechile merite ale sulfului, dar se poate afirma cu toată siguranța că în el mai sînt ascunse multe posibilități noi, încă necercetate.

Așa, de pildă, între compușii macromoleculari merită să fie amintiți polimerii conținînd sulf, care vor mai avea de rostit un cuvînt greu în tehnică. Cînd se vorbește despre tiocol, cauciucurile anorganice pe bază de sulf ne atrag atenția, deoarece problema rezistenței cauciucurilor devine tot mai acută în tehnica modernă. Vopselele luminescente și termosensibile, luminoforii pentru cercetările științifice fine așteaptă noi compuși ai sulfului.

Un ajutor de nădejde al oamenilor de știință sînt izotopii radioactivi ai sulfului, și în primul rînd sulful 35. Acest izotop dă posibilitatea de a se studia mecanismul detaliat al diferitelor procese chimice la care participă sulful, permite să se întrezărească rolul acestuia în organismele plantelor și animalelor, ajută în numeroase experiențe complexe. Sulful marcat este unul dintre izotopii radioactivi cu cele mai multe perspective.

În istoria aproape a fiecărui element chimic există momente caracteristice remarcabile, descoperiri științifice în urma cărora importanța elementului crește imens: descoperirea fisiunii uraniului, constatarea proprietăților semiconductoare deosebit de prețioase ale germaniului, dovedirea superconductibilității și superfluidității heliului lichid... Enumerarea poate fi continuată pentru foarte mulți reprezentanți ai sistemului periodic. Considerăm că nu este de domeniul fantasticului presupunerea că și sulfului îi este sortită o a doua naștere.

GENERATOARE DE SĂRURI

Aceste elemente sînt foarte active: combinîndu-se cu majoritatea metalelor, ele dau săruri. De aceea au fost denumite halogeni, ceea ce înseamnă în grecește „generatoare de săruri".

Grupa acestora este alcătuită din cinci elemente: fluor, clor, iod, brom și astatin. Astatinul, halogenul cel mai greu, nu se întîlnește de fapt în natură; el a fost obținut pe cale artificială în 1940.

Halogenii se găsesc în grupa a VII-a a sistemului periodic. Se știe că, cu cît un nemetal se află mai la dreapta și mai sus în tabloul periodic, cu atît este mai mare energia cu care el tinde să-și completeze stratul exterior de electroni pînă la opt electroni. Nu este surprinzător de aceea că halogenii sînt foarte reactivi; toți sînt oxidanți puternici. Situați în tabloul periodic la dreapta tuturor celorlalte nemetale, halogenii formează un „pol" activ original al sistemului periodic.

În cazul halogenilor se respectă strict și altă regulă: cu cît elementul se găsește mai sus în tablou, cu atît este mai activ.

Fluorul este un gaz otrăvitor cu un miros foarte pătrunzător. Este cel mai puternic oxidant dintre toate elementele. Molecula de fluor, ca și a tuturor halogenilor, este alcătuită din doi atomi. Atomii de fluor sînt foarte puternic legați între ei. Pentru a transforma fluorul în lichid este necesară temperatura de —187°C.

Clorul, un gaz cu miros foarte neplăcut, este mai puțin agresiv decît fluorul. În timp ce fluorul este incolor, culoarea clorului e verzuie-galbenă. De aici denumirea lui: în limba greacă „cloros" înseamnă „verde".

Bromul, următorul reprezentant al familiei halogenilor, este un lichid greu, uleios, de culoare roșie-brună. Vaporii

de brom sînt otrăvitori și au un miros pătrunzător neplăcut. Denumirea de „brom“, tradusă din grecește, înseamnă „răumirositor“. Bromul este mai puțin activ decît clorul.

Iodul, ultimul halogen existent în natură, se prezintă sub forma de cristale volatile de culoare brună-închis, cu miros specific cunoscut tuturor. Fiecare halogen precedent îl poate înlocui pe următorul în compușii pe care-i formează.

Cum au fost descoperiți...

Reactivitatea halogenilor gazoși a provocat numeroase neplăceri cercetătorilor care au încercat să-i prepare. Acest lucru se referă în special la fluor...

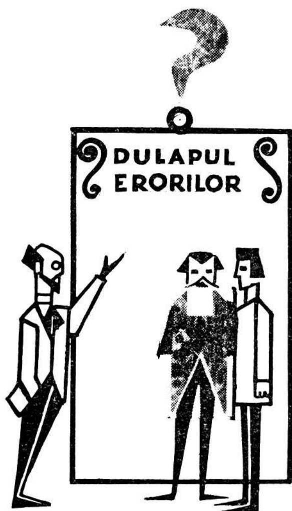
Existența unui element necunoscut în mineralul fluorină a fost bănuită încă de chimiștii secolului al XVIII-lea, însă aceștia nu l-au putut separa.

Istoria descoperirii fluorului este tragică: primii cercetători au plătit dorința lor de cunoaștere cu sănătatea și chiar cu viața lor.

Chimistul englez Davy a încercat în 1810 să obțină fluorul prin electroliza acidului fluorhidric, dar această încercare a dus numai la distrugerea aparatelor sale de platină și argint și la o gravă otrăvire a savantului, ceea ce, probabil, i-a cauzat și moartea prematură. Ulterior fluorul l-a omorît pe unul dintre frații Knox, membri ai Academiei irlandeze. În luptă cu el a pierit profesorul belgian Louyet și au avut mult de suferit francezii Gay-Lussac și Thenard. Elementul încă nedescoperit era nemaipomenit de reactiv... Cu toate acestea, în 1886, francezul Moissan a obținut fluor prin electroliza bifluorurii de potasiu topite, $KF \cdot HF$, într-un aparat de platină. Fluorul gazos obținut de el era foarte scump: el „mînca“ electrozii de platină. Pentru un gram de gaz obținut se consumau 5—7 grame din prețiosul metal. În prezent fluorul se obține prin același procedeu prin care îl obținea și Moissan la timpul său. În locul platinei însă se utilizează nichel, grafit sau cărbune.

Clorul a fost obținut pentru prima oară de chimistul suedez C. Scheele, prin acțiunea acidului clorhidric (care atunci se numea muriatic) asupra piroluzitei, mineral cu compoziția $MnO_2 \cdot xH_2O$. Aceasta s-a întîmplat în 1774.

Scheele considera clorul „acid muriatic deflogisticat", adică acid clorhidric care și-a pierdut flogisticul. Dacă se ține seama de faptul că mulți chimiști din acea vreme considerau flogisticul drept hidrogen, se poate spune că Scheele nu era departe de realitate. Lavoisier considera flogisticul drept oxigen cu semn opus. Astfel clorul era „acid muriatic oxidat", un oxid al elementului ipotetic muriu și nu un element. Recunoașterea clorului drept element însemna a recunoaște că acidul clorhidric (muriatic) este alcătuit din hidrogen și clor, ceea ce era în contradicție totală cu teoria lui Lavoisier că toți acizii ar conține oxigen.



În 1810 Davy a încercat să descompună clorul prin toate mijloacele accesibile pe atunci, însă, desigur, n-a reușit și a ajuns la concluzia că clorul trebuie considerat element. Nici după Davy nimeni nu a reușit să descompună clorul, dar autoritatea lui Lavoisier era atît de mare, încît, luîndu-se după el, Berzelius, remarcabil chimist din secolul al XIX-lea, a considerat clorul, pînă în 1821, drept un oxid al muriului. Chiar în 1870 se mai găseau unii care să se îndoiască în privința caracterului de element al clorului, cu toate că în acea

perioadă se introdusese în chimie sistemul periodic al lui Mendeleev, în care clorul își avea locul său...

Cunoscutul chimist german Justus Liebig avea un laborator foarte bine utilat la Giessen, unde veneau să lucreze tineri chimiști din întreaga Europă. Liebig era un remarcabil chimist și pedagog. În lecțiile sale el ilustra plastic ideea sa cu privire la daunele pe care le aduce o atitudine preconcepută în explicarea unor fapte noi sau a unor proprietăți noi ale substanțelor. Savantul își ducea elevii în fața unui dulap special, denumit de el „dulapul erorilor", scotea din el un flacon cu un lichid brun închis și spunea că el, Justus Liebig, fusese primul chimist care ținuse în mînă brom, și totuși nu el îl descoperise. Acest flacon cu un lichid brun-închis provenea de la o uzină care extrăgea sarea din saramură. Liebig avusese o atitudine preconcepută în explicarea proprietăților ciudatei substanțe, considerînd-o anticipat ca un compus al clorului cu iodul. De fapt însă substanța nu era altceva decît bromul, un nou halogen. De aceea cinstea descoperirii bromului nu i-a revenit lui Liebig, ci chimistului francez Balard, care, studiind în 1825 apele reziduale rămase la recristalizarea sării extrase din izvoarele din Montpellier, a izolat substanța brună și a cercetat-o amănunțit...

Armata lui Napoleon avea nevoie de praf de pușcă în cantități uriașe. Pentru pulbere însă era nevoie de salpetru, însă nu de salpetru de Chile — azotat de sodiu —, care „se înmuia" rapid în contact cu umiditatea din aer, ci de azotat de potasiu. Salpetrul de Chile începu să fie tratat cu cenușa unor plante marine, care conținea mult potasiu.

Farmacistul Courtois construi o uzină de salpetru, unde se fierbea în cazane de cupru o soluție de salpetru de Chile cu cenușă. Dar cazanele erau corodate cu o violență neașteptată. Courtois constată în apele-mumă prezența unor săruri necunoscute; tratîndu-le cu acid sulfuric, el obținu vaporii violeți ai unui nou element, pe care Gay-Lussac îl denumi iod, cuvînt grec ce înseamnă „violet".

Iodul a fost descoperit în 1811.

Există și o altă versiune semianecdotică despre descoperirea iodului. Courtois lua de obicei masa de prînz la uzină. Odată o pisică stătea pe umărul lui. Sărind, ea a spart un flacon cu acid sulfuric; acesta a căzut pe anumite resturi de săruri și s-au degajat vaporii violeți ai iodului.

Halogenii sînt foarte răspîndiți în natură: ei pot fi găsiți în minerale, în apa marină și de rîu, în apele de foraj, în aer, în plante și în organismele vii.

Fluorul și clorul sînt mai răspîndiți decît bromul și iodul; scoarța Pămîntului îi conține în aproximativ aceeași proporție; pentru fluor conținutul este egal cu $2,7 \cdot 10^{-2}\%$ în greutate.

Fluorul este un element al pietrei, dacă este vorba despre piatră în sensul larg. Aceasta nu înseamnă de fel că el lipsește din apa de mare sau de rîu; totuși principala cantitate de fluor este dispersată în roci, din care se și obține.

Foarte bogat în fluor este mineralul fluorină, CaF_2, care se găsește de obicei în mase compacte. Este atît de viu și de multicolor, încît se mai numește și „floare de minereu"; sclipește în toate culorile curcubeului — de la un violet delicat pînă la verde-pal. Există fluorine cu pete; unele sînt foarte transparente. Sub acțiunea razelor Röntgen, culoarea verde a fluorinei trece în roz.

Fluorina „optică" este foarte transparentă și pură și lasă să treacă razele ultraviolete și infraroșii. Fluorul este conținut de asemenea în mineralul apatită, de culoare verde-deschis.

Apatita ca atare este un mineral al fosforului; din ea se obțin îngrășăminte fosforice foarte prețioase, însă conține și fluor. Criolita, Na_3AlF_6, un mineral foarte rar întîlnit, este alcătuită, în proporție de peste jumătate, din fluor. Blocuri de criolită albe ca zăpada se întîlnesc în Groenlanda; criolita se folosește pentru obținerea aluminiului.

În scoarța Pămîntului, clorul are o răspîndire întrucîtva diferită de a fluorului. Rezerve mari de clor, constituite de zăcămintele sărurilor de sodiu și de potasiu, se găsesc în multe locuri pe tot globul pămîntesc. Dar cel mai mult clor conțin oceanele, mările și lacurile sărate; în apa de mare acest element predomină asupra tuturor celorlalte, bineînțeles cu excepția hidrogenului și a oxigenului, componentele apei. Amintim că un kilogram de clorură de sodiu conține 600 de grame de clor.

Oceanul primitiv a avut apă dulce, însă nenumăratele rîuri i-au adus clor sub formă de săruri solubile în apă. Cu timpul aproape întregul clor a trecut în ocean, care ocupa

în epocile geologice îndepărtate o parte cu mult mai mare a planetei decît în prezent.

Cu două sute de milioane de ani în urmă, pe spații uriașe de la malurile Oceanului Înghețat pînă la Marea Caspică se întindea Marea Permiană. Pe atunci existența Pămîntului era foarte agitată. Bubuiau mii de vulcane, noaptea era luminată de fulgere neîntrerupte. Treptat, clima Pămîntului și suprafața lui s-au schimbat. Marea s-a retras, lăsînd în urmă strate groase de sare, golfuri și lagune, care s-au transformat cu timpul în lacuri sărate...

Prezenți pretutindeni

Halogenii grei și compușii lor sînt volatili. Acest lucru este deosebit de caracteristic pentru iod. Sînt foarte răspîndiți; s-ar putea chiar spune că iodul și bromul se întîlnesc pretutindeni și nicăieri. Nicăieri, în sensul că pe globul pămîntesc nu există zăcăminte mari ale compușilor acestor elemente care să se poată compara cît de cît cu zăcămintele sărurilor de clor sau fluor.

Conținutul total de brom în scoarța pămîntească este de 0,001 %, al iodului de zece ori mai mic. Pot fi găsiți în subprodusele de la purificarea salpetrului de Chile și a silvinitei, în apele de foraj petrolier, în apa marină, în alge și bureți. Iodul este totdeauna prezent în aer: dacă ar fi extras din aerul unei săli de mărime mijlocie, s-ar obține o cantitate de iod care să cîntărească cît trei boabe de mac. Un litru de apă de mare conține peste 60 de miligrame de brom și circa 1 miligram de iod. Conținutul relativ mic de iod se explică prin faptul că sărurile lui sînt oxidate de oxigenul din aer, formîndu-se în special iod elementar, care se volatilizează ușor. Pe de altă parte, iodul din apa de mare este concentrat în alge, bureți și moluște. Unii bureți conțin pînă la 8,5 % iod, calculat în substanță uscată. Iodul este produs pe scară industrială din algele și bureții marini.

Bromul este de asemenea conținut în bureți, moluște și corali, dar în prezent nu se mai extrage din aceștia. În antichitate purpura — un colorant prețios, compus organic al bromului — se extrăgea din anumite moluște. Astăzi sursa de obținere industrială a bromului sînt apele de foraj petrolier și saramurile lacurilor sărate, în care conținutul de brom ajunge la trei grame la litru.

Halogenii în organismele vii

Fluorul este necesar ființelor vii pentru desfășurarea normală a activității vitale. Mușchii uscați conțin pînă la 8 miligrame de fluor la 100 de grame de substanță uscată. Deosebit de mult fluor conțin penele, părul, coarnele și copitele animalelor — pînă la 180 de miligrame la 100 de grame de substanță uscată; el poate fi găsit întotdeauna în smalțul dinților animalelor și ai omului.

Fluorul pătrunde în organism o dată cu apa: apa de rîu și de mare conțin de obicei aproximativ 1 miligram de fluor la litru. Apa de băut trebuie să conțină într-un litru 1—1,5 miligrame de fluor. Excesul de fluor distruge dinții: aceștia devin negri și cad ușor: se produce fluoroza dinților.

La o insuficiență a fluorului în apa de băut, rezistența smalțului la acțiunea acizilor scade: apar cariile dentare, distrugerea dinților. În special cariile apar la copii. Ele se combat adăugîndu-se în apa de băut compuși ai fluorului. În R.D.G., la Karl-Marx-Stadt s-a construit cea mai mare instalație din Europa pentru fluorurarea apei.

Clorura de sodiu este necesară oricărui organism viu. Un om consumă anual de la 5 pînă la 10 kilograme de sare.

Clorura de sodiu, NaCl, asigură organismului omenesc clorul vital necesar. În medie, corpul omenesc conține aproximativ 100 de grame de clor. Rolul acestui element în organism este important și variat; el este un regulator al schimbului de apă, al echilibrului acidoalcalin, al presiunii osmotice a sîngelui și a lichidelor din țesuturi.

Întreaga suprafață a Pămîntului, organismele vegetale și animale sînt „iodate", dacă ne putem exprima astfel. Există însă locuri în care conținutul de iod din sol și aer este anormal de mic. De obicei acestea sînt regiuni muntoase înalte, îndepărtate de mare, cu climă continentală. Aici aerul conține de 250 de ori mai puțin iod decît, de exemplu, pe malul Mării Negre.

Din vremuri îndepărtate s-a remarcat că mulți din locuitorii unor astfel de regiuni sînt „gușați", glanda lor tiroidă este mult mărită. Explicația este că de obicei organismul omenesc conține circa 25 de miligrame de iod și că jumătate din această cantitate este concentrată în glanda tiroidă. El intră în compoziția unor compuși organici complecși, ca tireoglobulina, tiroxina și triiodina.

Glanda tiroidă este o minusculă fabrică chimică ce produce substanțe speciale, necesare pentru dezvoltarea normală a organismului omenesc. Un om matur are nevoie pe zi de circa 0,05 miligrame de iod. Atunci cînd are loc o reducere considerabilă a cantității de iod ce pătrunde în organism, funcționarea glandei tiroide este dereglată, ceea ce duce la apariția gușii.

Încă pe la mijlocul secolului trecut, în Franța s-a început a se folosi iodura de potasiu pentru vindecarea gușii. În prezent această boală este tratată cu compuși organici care conțin iod. Pentru profilaxia gușii este suficient de a introduce 1 gram de iod în 100 000 de litri de apă curgătoare.

În timpul primului război mondial, francezii au înlocuit ovăzul și fînul pentru cai cu alge spălate și uscate la aer: caii au rezistat ușor la toate greutățile războiului. Oamenii de știință au fost interesați de acest fapt, căci algele conțin o mare cantitate de iod.

Cum influențează adaosurile de iod în microcantități asupra creșterii și activității vitale a plantelor și animalelor?

Profesorul N. Zamfirescu din Romînia a cultivat plante într-un sol îngrășat cu două-trei grame de iodură de potasiu sau de sodiu. Conținutul de iod al acestor plante a crescut de 10—40 de ori în comparație cu cel obișnuit. În una din experiențe cercetătorii, adăugînd la rația păsărilor cîte cinci boabe de porumb iodurate, producția de ouă a crescut cu 60 %, găinile depunînd ouă chiar și iarna. Prin adăugarea a 50 de grame de fîn iodurat în rația caprelor, conținutul de grăsime din laptele lor a crescut cu 30 %[1].

Iodul mai pune încă multe semne de întrebare. Cercetarea rolului său în organismele animale și vegetale este abia la început, promițînd numeroase descoperiri importante.

Un rol destul de important în organismul omenesc îl are bromul.

Bromurile calmează sistemul nervos, intensificînd procesele de inhibiție a scoarței cerebrale.

În organismul uman, hipofiza conține cea mai mare cantitate de brom; tot bromul se găsește acolo sub forma unui compus organic macromolecular. Hipofiza secretă un hormon bromurat de mare importanță în reglarea proceselor de excitație și inhibiție.

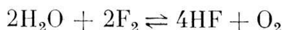
---

[1] Totodată iepurii hrăniți cu varză iodurată nu au mai format gușă, cum s-a întîmplat cu cei hrăniți exclusiv cu varză obișnuită *(N.t.)*.

Un distrugător ? Nu, un creator

Poate oare apa să ardă? Întrebarea pare stranie la prima vedere. Se știe doar că apa este un produs al arderii; cu ea de obicei se stinge focul. Totuși, dacă spre suprafața apei se dirijează un jet de fluor, lichidul se aprinde cu o flacără de un violet pal. Iată reacția de ardere:





$$2H_2O + 2F_2 \rightleftharpoons 4HF + O_2$$

Fluorul este atît de activ, încît înlocuiește oxigenul din apă.

Acest halogen distruge toate materialele, cu excepția compușilor proprii și a cîtorva metale, care, reacționînd cu el, se acoperă cu o peliculă protectoare de fluorură.

Cu oxigenul și azotul nu se combină direct.

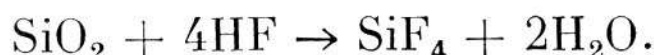
Fluorul lichid se transportă în vase cu o „manta" umplută cu azot lichid.

Desenele făcute pe sticlă cu ajutorul acidului fluorhidric nu pot fi spălate cu nici un fel de dizolvanți sau acizi. Pentru aceasta pe sticlă se aplică un strat subțire de parafină, pe care pictorul desenează, zgîriindu-l. După aceea asupra suprafeței sticlei se acționează cu un amestec de fluorină cu acid sulfuric:



$$CaF_2 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + 2HF.$$

Acidul fluorhidric format reacționează cu siliciul sticlei:



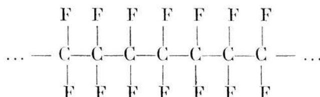
$$SiO_2 + 4HF \rightarrow SiF_4 + 2H_2O.$$

Apa și tetrafluorura de siliciu se evaporă: se formează o suprafață mată aspră.

Acidul fluorhidric anhidru este un lichid volatil, care fierbe la temperatura de + 19,6°C. În practică el se obține prin descompunerea fluorinei cu acid sulfuric. Acidul fluor-

hidric este cel mai puternic agent deshidratant. Nici un produs chimic nu are capacitatea de a-l usca. De obicei se numește acid fluorhidric soluția lui în apă. Aceasta se utilizează pentru atacarea sticlei, pentru îndepărtarea nisipului de pe piesele metalice turnate, drept catalizator în sinteza organică.

Atunci cînd se vorbește despre minunile chimiei, care creează substanțe care nu se scufundă în apă și care nu se tem de foc, se amintește imediat de teflon (politetrafluoretilenă):



Această substanță este rezistentă la acțiunea „apei regale", a alcaliilor topite, la încălzirea pînă la 300°C. Numai sodiul metalic o distruge la temperatură înaltă.

Teflonul este un compus organic al fluorului, o fluorocarbură. „Fluorocarburile" au intrat în limbajul chimiștilor abia cu 15—20 de ani în urmă. În natură aceste substanțe nu există; ele au fost create în laborator, înlocuindu-se în hidrocarburi hidrogenul cu fluor. Fluorocarburile sînt materialul de construcție al viitorului. Sînt foarte inerte; spre deosebire de hidrocarburi, nici bacteriile și nici insectele nu le pot ataca. Din fluorocarburi se produc lubrifianți, mase plastice, cauciucuri, uleiuri și dizolvanți.

Să ne închipuim că avem în fața noastră automobilul viitorului. Anvelopele sale sînt cu mult mai rezistente decît



cele obişnuite, rezistînd la orice drum: ele sînt confecţionate din fluoroplaste, mase plastice fluorurate. Banchetele automobilului nu ard şi nu se prăfuiesc — ele sînt tapisate cu o ţesătură din fluorocarbură ignifugă şi care nu reţine praf. Lubrifianţii din fluorocarburi nu trebuie înlocuiţi, ei nu se uzează.

În cazul în care automobilul se aprinde, ceea ce nu este verosimil — caroseria lui este confecţionată din fluoroplaste —, focul se poate stinge uşor cu ajutorul lichidului răcitor din radiator, care este un freon, o cloro-fluorocarbură lichidă.

Freonii sînt compuşi care conţin — pe lîngă fluor şi carbon — clor, uneori şi hidrogen. Freonii se utilizează în instalaţiile mari frigorifice ca agenţi de răcire; ei au, ca şi amoniacul, o temperatură joasă de fierbere. CCl_2F_2 fierbe la —30°C.

De ce sînt atît de stabile fluorocarburile?

În primul rînd, atomii de hidrogen care se găsesc în jurul atomilor de carbon sînt mici; ei nu acoperă complet atomii de carbon şi legăturile dintre ei. Atomii de fluor au o mărime optimă; ei acoperă în întregime scheletul de carbon şi formează o configuraţie stabilă, protejînd cîmpul de forţă al atomilor de carbon, legăturile lor şi înşişi atomii de influenţele exterioare. În plus, însăşi legătura C—F este foarte rezistentă. Pentru a o rupe este necesară o energie de 107 calorii mari, în timp ce pentru legătura C—H sînt necesare numai 87,3 calorii mari.

După expresia plastică a unui savant, „fluorocarburile au parcă inimă de diamant şi piele de rinocer".

În prezent, chimia fluorului şi a compuşilor lui organici este unul dintre domeniile chimiei care se dezvoltă cel mai impetuos.

Duşman sau prieten ?

În una din zilele primului război mondial, din partea poziţiilor germane, un nor greoi, alb-cenuşiu se îndrepta spre tranşeele soldaţilor francezi. Norul se tîra la suprafaţa solului, intra în orice crăpătură, pătrundea în plămînii oamenilor. Oamenii cădeau horcăind, se zbăteau în agonie şi mureau asfixiaţi, cu spume însîngerate la gură. Era clorul, care a devenit astfel prima substanţă toxică de luptă.

În industrie clorul se obține exclusiv prin electroliza soluțiilor de clorură de sodiu:



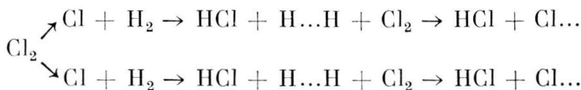
$$2NaCl + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2 + Cl_2.$$

Clorul se degajează la anod. Clorul uscat nu atacă fierul și poate fi transportat în butelii de fier.

Clorul a fost primul dintre gaze care a putut fi transformat în lichid. Atracția reciprocă dintre moleculele de clor este mult mai puternică decît la celelalte gaze cunoscute pe timpul lui Faraday. Faraday a apropiat moleculele de clor prin presiune, reducîndu-le totodată viteza de mișcare prin scăderea temperaturii. Clorul lichid este un lichid uleios-verzui.

La lecțiile de chimie se face de obicei următoarea experiență: pe o masă se pune un balon închis cu un dop. Balonul este ca toate baloanele; ar putea să pară complet gol. Este însă suficient să se aprindă în apropiere puțină pilitură de magneziu, ca să se producă o explozie. Balonul este umplut cu un amestec de clor și hidrogen. În întuneric, reacția între gaze decurge foarte lent. Pentru a se obține o cantitate măsurabilă de acid clorhidric gazos, trebuie așteptat o sută de ani...

Iată însă că pe balon a căzut lumina unei flăcări de magneziu sau o rază directă de soare... Explozie! De ce? Cuanta de lumină, nimerind în amestec, descompune molecula de clor în atomi. Atomul de clor, la rîndul lui, descompune molecula de hidrogen, formînd o moleculă de acid clorhidric gazos ș.a.m.d.



$$Cl_2 \nearrow Cl + H_2 \rightarrow HCl + H ... H + Cl_2 \rightarrow HCl + Cl ...$$
$$Cl_2 \searrow Cl + H_2 \rightarrow HCl + H ... H + Cl_2 \rightarrow HCl + Cl ...$$

Se produce un proces în lanț...

Pe seama fiecărei molecule de clor excitată inițial se formează pînă la o sută de mii de molecule de acid clorhidric gazos. Într-o fracțiune imperceptibilă de secundă, avalanșa de reacții se transformă în explozie.

Acidul clorhidric gazos se obține industrial prin sinteză directă[1]. În turnul de reacție pătrund două țevi: prin una

[1] Instalațiile de acid clorhidric, obținut prin sinteză directă din clor și hidrogen, sînt amplasate întotdeauna pe lîngă secțiile de electroliză a clorurii de sodiu, aci existînd atît sursa de clor cît și de hidrogen. Pentru obținerea acidului clorhidric necesar în diverse scopuri industriale, cînd nu este în apropiere o instalație de electroliză, se folosește reacția între acid sulfuric și sare: în acest caz se obține, pe lîngă acid clorhidric, și sulfat de sodiu *(N.t.)*.

din ele se introduce clor, prin cealaltă hidrogen. Acolo unde țevile se îmbină, amestecul de gaze obținut se aprinde. Acest amestec arde cu o flacără strălucitoare, dar nu explodează. Acidul clorhidric gazos format se urcă în turn; în întîmpinare i se pulverizează apă, care absoarbe cu aviditate acidul clorhidric gazos; se obține o soluție de acid clorhidric. Apa și acidul clorhidric circulă în contracurent, mod de lucru care permite obținerea dizolvării celei mai complete a acidului clorhidric gazos. Un volum de apă absoarbe 400 de volume de gaz.

Soluția de acid clorhidric este unul dintre acizii cei mai tari; dizolvă foarte bine metalele care se găsesc în stînga hidrogenului, în seria electrotensiunilor, cu excepția plumbului.

Clorul decolorează florile și frunzele, fapt remarcat încă de Scheele. În 1785 Berthollet a hotărît să utilizeze clorul, mai precis soluția sa apoasă, pentru albirea țesăturilor. Experiența a reușit foarte bine în laborator, dar cînd a trecut la fabrică s-au primit plîngeri de la proprietari. Apa de clor înălbea foarte bine țesăturile, dar strica părțile metalice ale mașinilor și otrăvea spațiul din jurul fabricii.

Berthollet remarcase încă dinainte că soluția de clor în alcalii, înălbind țesăturile, degajează mai puțin intens clor decît apa de clor. Primele experiențe de albire a țesăturilor cu o soluție de clor în alcalii s-au făcut în orașul Javel. Noul lichid a fost denumit „apa de Javel". Foarte curînd ea a fost înlocuită cu hipoclorit de calciu, sau clorura de var, $CaOCl_2$, care se prezintă ca un praf alb cu o puternică acțiune oxidantă și care se utilizează pentru albire, dezinfecție, degazare. În contact cu clorura de var, iperita arde cu explozie.

Clorul formează cinci acizi. În unul din aceștia, acidul clorhidric, el are o valență negativă. Ceilalți patru acizi conțin oxigen: valența clorului în aceștia este 1+, 3+, 5+ și, respectiv, 7+. Acidul percloric, $HClO_4$, în care el se găsește în gradul cel mai înalt de oxidare, este acidul cel mai tare.

Dintre sărurile acizilor oxigenați ai clorului, cele mai importante sînt $KClO_3$ și $Mg(ClO_4)_2$.

$KClO_3$ — sarea lui Berthollet, cloratul de potasiu — se utilizează la fabricarea chibriturilor, în focurile de arti-

ficii și la rachetele de semnalizare. În laborator ea servește la obținerea oxigenului.

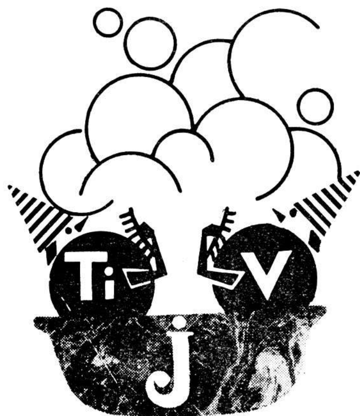
$Mg(ClO_4)_2$, percloratul de magneziu — în tehnică acest compus a căpătat denumirea de „anhidron"— , este un deshidratant foarte puternic, nu mai prejos decît anhidrida fosforică și superior acesteia prin faptul că se poate usca în vid și reutiliza.

Iodul și bromul sînt larg utilizați

De ce culoarea brună-roșie a unei soluții de iod, nimerind pe mînă, dispare relativ repede?

Iodul este volatil. Această însușire este utilizată pentru purificarea lui. Dacă se încălzește un balon cu granule de iod pe fund, balonul fiind acoperit cu o sticlă rece de ceas, după un timp oarecare iodul din balon dispare. Fundul sticlei se acoperă însă cu granule metalice cenușii. Iodul sublimează.

În ultimul timp iodul se utilizează pentru obținerea metalelor de înaltă puritate, necesare pentru producția semiconductoarelor și a energiei atomice, cum sînt zirconiul, titanul, toriul. Așa-numitul proces cu iodură constă



în următoarele: metalul care se purifică se tratează cu vapori de iod în vid; iodurile volatile ale metalelor se descompun pe o sîrmă incandescentă, pe care se depune metalul pur.

Impuritățile, oxizii și nitrurile metalelor nu sublimează. De exemplu, la purificarea buretelui de titan, oxizii și nitrurile acestui metal nu reacționează cu iodul. Prin procesul cu iodură se purifică zirconiul, titanul, vanadiul, siliciul și toriul.

Compușii bromurați sînt de asemenea volatili; ei se utilizează pentru legarea unui antidetonant — tetraetilplumbul. Compușii organici ai bromului, adăugați la benzina etilată, îndepărtează plumbul din motor sub forma unui compus bromurat volatil. Halogenurile argintului sînt sensibile la lumină. Pe aceasta se bazează utilizarea pe scară largă a bromurilor și iodurilor de argint în industria fotografică și cinematografică.

MAJESTATEA-SA FIERUL

Majestatea-sa? Da, fierul merită pe deplin acest titlu, de altfel învechit. Numai că majestatea fierului nu se bazează pe grandoarea aparentă a unui monarh inaccesibil și îngîmfat, ci este grandoarea unui muncitor real, atotprezent, care merită fără îndoială cea mai mare stimă.

Fără fier nu ar exista civilizația. Fără fier ar fi imposibilă viața lumii animale a planetei noastre. El a fost găsit în sîngele aproape tuturor animalelor (cu rare excepții). Fierul trivalent intră în compoziția compusului complex hemină, care, în combinație cu proteina globină, formează hemoglobina — substanță capabilă de a adiționa reversibil oxigenul și de a-l ceda ulterior tuturor țesuturilor organismului, asigurînd respirația. Cantitatea totală de fier în organismul uman este foarte mică: circa trei grame (în total 0,004% din greutatea corpului).

Este interesant că în compoziția sîngelui unor viermi intră fier bivalent. Culoarea sîngelui lor este verde.

Cantități mici de fier sînt necesare și pentru viața plantelor.

Fierul folosit în tehnică nu este, de regulă, un metal chimic pur. El conține întotdeauna impurități, și de aceea se deosebește mult, ca proprietăți, de fierul pur. Principala impuritate în metalul tehnic este carbonul (nu este vorba despre aliajele de fier cu carbon; despre ele se va vorbi mai jos). Cantitatea de carbon din metal condiționează în mare măsură proprietățile sale. Metalul cu conținut de carbon pînă la 0,2% se numește fier forjabil. El este suficient de moale, se forjează ușor, se întinde. Din acest tip de metal se fac, de exemplu, tabla, cuiele, sîrma. Conținutul de carbon în metal în limitele de 0,2—1,7% corespunde diferitelor sortimente ale oțelului. Acesta este mai dur, mai rezistent decît fierul forjabil, este elastic și poate fi ușor prelucrat



mecanic. Dacă metalul conține mai mult decît 1,7% carbon, se obține fonta.

Puțini dintre noi au văzut, probabil, fier chimic pur, fier în sensul strict al cuvîntului. Acesta se obține electrolitic sau prin reducerea oxizilor puri de fier cu hidrogen la cald. Acest fier se forjează în bucăți monolite și, în condiții obișnuite, nu se oxidează. Din exemplul fierului se vede clar cît de strîns este legată activitatea chimică de gradul de puritate a metalului. Dar aceasta încă nu este totul. Orice chimist are posibilitatea să prepare ușor, în laboratorul cel mai simplu, fier chimic pur, care nu numai că se va oxida în contact cu aerul, ci... va și arde ca praful de pușcă. De exemplu, la încălzirea oxalatului de fier bivalent se separă metalul pur după reacția: $FeC_2O_4 \rightarrow Fe + 2CO_2$, granulele de fier avînd dimensiuni de aproximativ cinci microni. Aceste granule mici au proprietatea de a se oxida atît de rapid în contact cu aerul, încît se și aprind. De ce se întîmplă acest lucru? Unul dintre motive este că particulele atît de mărunte au o suprafață totală uriașă de contact cu aerul. În plus, dimensiunile mici ale particulelor împiedică formarea unor structuri cristaline regulate stabile. Tocmai această nestabilitate internă este „folosită“ de oxigen.

Este interesant că obținerea unor cristale cu formă regulată modifică în proporții extreme și proprietățile mecanice

ale metalului. Astfel, o sîrmă din fier obișnuit, cu secțiunea de 1 milimetru pătrat, suportă o greutate de 20 de kilograme. Dacă s-ar reuși să se obțină un monocristal de fier perfect regulat cu secțiunea tot de 1 milimetru pătrat, acesta ar avea o rezistență fantastică și ar suporta o greutate de 10 000 de kilograme, în timp ce chiar oțelurile speciale nu depășesc azi rezistența de circa 400 kg/mm^2.

Din păcate, pînă în prezent încă nu au fost găsite metodele de a obține cristale mari ale unui astfel de fier cu structură cristalină perfect regulată.

Fierul în natură

Fierul este unul dintre elementele cele mai răspîndite pe Pămînt; scoarța terestră conține 4,2% fier. Aceasta este foarte mult. Fierul scoarței pămîntești cîntărește 755 000 000 de miliarde de tone, însă doar o cantitate incomensurabil mai mică este accesibilă omului; mare parte a metalului se găsește în stare dispersă. Rezervele de fier care pot fi utilizate reprezintă, după unele aprecieri, aproximativ 20 000 000 de miliarde de tone.

Omul folosește fierul care se găsește concentrat în zăcăminte. Datorită însemnatei sale activități chimice, fierul nu se întîlnește în stare liberă, nativă, așa cum se găsește, de exemplu, aurul. Zăcămintele de fier sînt acumulări ale compușilor lui chimici cu alte elemente (cel mai frecvent cu oxigenul). Principalele minereuri ale fierului sînt: magnetita, care are compoziția $FeO \cdot Fe_2O_3$ (conține pînă la 72,4% fier pur) și care are, după cum arată și denumirea ei, proprietăți magnetice, și hematita, Fe_2O_3 (pînă la 70% fier). Denumirea acestui mineral provine de la rădăcina greacă *hema* „sînge". Limonitele au compoziția $Fe_2O_3 \cdot Fe(OH)_3$ și conțin pînă la 62% fier. În zăcăminte se întîlnește de asemenea siderita, $FeCO_3$, în care 48% este fier. Desigur, fiecare minereu conține cantități mai mult sau mai puțin însemnate de rocă sterilă și impurități din alte minerale, care prezintă uneori ele însele o valoare mare. Acest fapt duce la amendamente esențiale în procesele metalurgice.

U.R.S.S. ocupă primul loc din lume în ceea ce privește rezervele de minereuri de fier, dintre care multe sînt de calitate superioară.

Dintre comorile remarcabile ale naturii face parte anomalia magnetică de la Kursk (AMK), un zăcămînt unic de minereuri de fier. Aici se găsește cel puțin de două ori mai mult fier decît în toate zăcămintele din lume luate la un loc. Rezervele evaluate pînă în prezent ale acestui zăcămînt sînt de circa 10 trilioane de tone, dintre care pînă la 40 de miliarde de tone de minereuri bogate, a căror exploatare a și început. Pentru a sublinia măreția acestor cifre, arătăm că, chiar în condițiile creșterii continue a producției de fontă și oțel, rezervele AMK pot ajunge pentru o mie de ani.

Cum se transformă minereul în fier

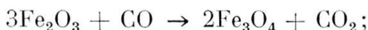
Așadar, fierul din minereuri este combinat cu oxigen. Aceasta înseamnă că pentru a separa fierul pur trebuie îndepărtat oxigenul din oxid, deci e necesară reducerea lui. În aceasta constă esența procesului din furnale. Acest proces, cunoscut în linii generale fiecărui elev, are loc în furnale uriașe de oțel, căptușite pe dinăuntru cu cărămidă refractară. În furnal se încarcă prin partea superioară șarja în strate constînd din cocs — un cărbune special preparat —, din minereu și adaosuri speciale (fondanți). Acești fondanți constau din calcar, $CaCO_3$, sau dolomită, conținînd pînă la 10% magneziu. Uneori — în funcție de compoziția minereului și a cărbunelui — se utilizează fondanți din oxizi de siliciu, cuarțit sau nisip, SiO_2. Fondanții sînt necesari pentru a lega impuritățile în silicați ușor fuzibili, care se separă ușor de metal.

După ce furnalul a fost încărcat, „se insuflă", se pune în funcțiune, după care lucrează neîntrerupt timp de cîțiva ani.

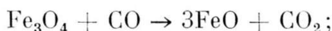
Care este originea expresiei „a insufla furnalul"? Foarte simplu: procesul de reducere a minereului decurge astfel: în furnal se insuflă tot timpul aer fierbinte (600—800°C) prin orificii speciale — gurile de vînt. Cocsul care se găsește în cuptor arde, dînd în ultimă instanță oxid de carbon, CO. În vatra furnalului se menține o temperatură înaltă de aproximativ 1 800°C. Temperatura din vatră este mai înaltă decît este necesar nu numai pentru topirea fontei (aproximativ 1 200°C), ci și a fierului pur, care se topește la 1 536°C.

Mergînd în sus pe axa furnalului, temperatura scade treptat pînă la 300°C la gura de alimentare, unde se face încărcarea noii porții de șarjă (din strate de minereu, cocs și fondanți). Faptul că în diferitele regiuni ale furnalului se mențin temperaturi diferite este foarte important, deoarece pentru desfășurarea diverselor reacții sînt necesare temperaturi diferite. Care sînt aceste reacții?

În zona temperaturilor de circa 600°—700°C începe reducerea oxizilor de fier de către oxidul de carbon:



$$3Fe_2O_3 + CO \rightarrow 2Fe_3O_4 + CO_2;$$



$$Fe_3O_4 + CO \rightarrow 3FeO + CO_2;$$

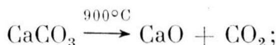


$$FeO + CO \rightarrow Fe + CO_2;$$

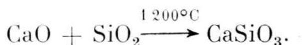


$$FeO + C \rightarrow Fe + CO.$$

Ultima reacție, și anume reducerea oxidului de fier cu cocs, se desfășoară la o temperatură de circa 1 000°C, în zonele mai de jos ale furnalului. Aici fondanții formează cu impuritățile zguri:



$$CaCO_3 \xrightarrow{900°C} CaO + CO_2;$$



$$CaO + SiO_2 \xrightarrow{1\,200°C} CaSiO_3.$$

Zgurile ușoare ies la suprafața metalului topit. Ele se scurg din timp în timp, metalul topit rămînînd sub un strat de zguri. Stratul de zguri are un rol important, el protejînd metalul format contra reoxidării de către aerul insuflat în furnal pentru menținerea procesului. Astfel zgurile nu sînt numai deșeuri ale producției, ci participă activ la proces.

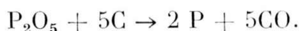
Impuritățile conținute în minereu sub formă de oxizi (de mangan, siliciu, fosfor etc.) se reduc de asemenea parțial:



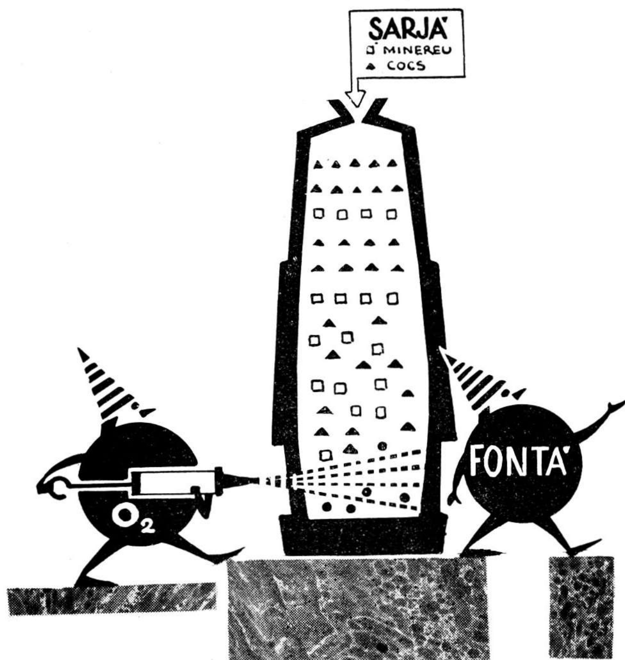
$$MnO + C \rightarrow Mn + CO;$$



$$SiO_2 + 2C \rightarrow Si + 2CO;$$



$$P_2O_5 + 5C \rightarrow 2\,P + 5CO.$$



Primele două reacții necesită o cantitate foarte mare de căldură; de aceea, cu cît se arde mai mult cocs, cu atît mai complet se reduc manganul și siliciul pînă la elemente.

Ce se întîmplă după reducerea fierului? Fierul începe să coboare în partea inferioară a furnalului. În acest timp el nu rămîne neschimbat. Temperatura crescînd, se schimbă și structura cristalină și proprietățile fierului. Sub 760°C există așa-numitul fier alfa, care se caracterizează, în special, prin proprietățile lui magnetice. La 760—906°C există o altă modificație, fierul beta, care este lipsit de proprietăți magnetice (de aceea un obiect magnetizat își pierde această proprietate prin încălzire). La temperaturi mai înalte de 906°C, fierul se transformă într-o a treia

modificație, fierul gama. Fierul gama are altă rețea cristalină și, ceea ce este cel mai important, poate dizolva carbonul.

În aceste condiții, fierul abia a apucat să se nască și a și încetat de a mai fi fier. În contact intim cu cocsul, fierul se combină cu carbonul și se transformă în fontă — produsul proceselor din furnal. Siliciul, manganul, fosforul și sulful, reduse parțial simultan cu fierul, se dizolvă de asemenea în fier, intrînd în compoziția fontei.

În linii generale, procesul pe care l-am descris este cunoscut de mult oamenilor, dar pînă în prezent încă n-au fost epuizate toate posibilitățile de a-l perfecționa. După cum se știe, în furnal se insuflă aer, necesar pentru arderea cocsului. Necesar? Pentru ardere este necesar numai oxigenul, care reprezintă 21 % din întregul volum de aer. Restul de 78 % este azotul, care reprezintă astfel „un adaos gratuit".

La drept vorbind, de loc gratuit. Aerul trebuie încălzit preliminar pînă la 600—800°C. Pentru aceasta se construiesc preîncălzitoare speciale — cowpere. Altfel nu se poate: dacă aerul nu se încălzește, azotul ia o mare parte din căldura degajată la arderea cocsului. La cowpere se poate renunța, cu condiția ca în furnal să nu se insufle aer obișnuit, ci un amestec de gaze îmbogățit în oxigen. În acest caz procesul se desfășoară mult mai intens.

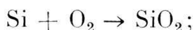
O parte a fontei topite se utilizează pentru turnarea diferitelor piese grele ale mașinilor — volanți, batiuri —, precum și în alte scopuri. Dar cea mai mare cantitate de fontă se prelucrează în oțel. Pentru aceasta se cunosc două metode principale: cu convertizor (procedeul Bessemer) și procedeul Martin.

În cazul aplicării procedeului Bessemer, fonta se toarnă în „retorte" uriașe speciale — convertizoare —, căptușite cu plăci refractare din silicați, și în partea inferioară se insuflă un jet puternic de aer. Ce se întîmplă în acest caz? În primul rînd se oxidează fierul însuși: $2\,Fe + O_2 \rightarrow 2\,FeO$. Oxidul feros format poate ceda oxigenul său impurităților, oxidîndu-le și separînd din nou fier pur. O parte a FeO se pierde însă pe seama formării zgurii: $FeO + SiO_2 \rightarrow FeSiO_3$, silicat de fier. Dar în cazul în care s-a format în cantități mari, FeO dizolvîndu-se în metalul lichid — din care impuritățile au ars complet și, ca urmare, nu mai pot reduce sau „dezoxida" FeO — această impuritate poate înrăutăți mult proprietățile oțelului.

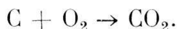
Procesul de ardere completă a impurităţilor poate fi reprezentat prin ecuaţiile:



$$2Mn + O_2 \rightarrow 2\ MnO \text{ sau } Mn + FeO \rightarrow MnO + Fe;$$



$$Si + O_2 \rightarrow SiO_2;$$



$$C + O_2 \rightarrow CO_2.$$

Toate aceste reacţii sînt însoţite de degajare de căldură, de aceea la insuflarea convertizorului metalul nu numai că nu se răceşte, ci se încălzeşte şi mai mult. Oxizii formaţi se zgurifică. În acest caz, desigur, se distruge parţial căptuşeala convertizorului, care este alcătuită din bioxid de siliciu, SiO_2: $MnO + SiO_2 \rightarrow MnSiO_3$, silicat de mangan. La sfîrşitul procesului, pentru îndepărtarea reziduurilor de FeO se adaugă în convertizor un dezoxidant — feromangan sau ferosiliciu.

Procesul se desfăşoară foarte rapid, în 15—20 de minute. Acest fapt nu este numai un avantaj, ci şi un dezavantaj, deoarece procesul este greu de reglat. În plus, după cum reiese clar din reacţiile prezentate, o parte a fierului arde complet (pînă la 10%).

La început, procedeul pe bază de convertizor mai prezenta încă un dezavantaj esenţial: căptuşeala acidă a convertizorului lega numai oxizii bazici, şi de aceea nu favoriza îndepărtarea din metal a fosforului, oxidat la P_2O_5, căci pentoxidul de fosfor este doar de asemenea un oxid acid. De aceea oţelul obţinut din fontele fosforoase era friabil. Ulterior, pentru transformarea în oţel a acestor fonte, s-a trecut la utilizarea unor convertizoare cu căptuşeală din oxizi bazici, precum şi la adăugarea de var în convertizor, în proporţie pînă la 12—15%. Oxizii bazici CaO şi MgO leagă P_2O_5 sub formă de fosfaţi de Ca şi Mg. Această variantă a procesului de convertizor a fost denumită Thomas, după numele autorului ei. Zgura Thomas, alcătuită din fosfaţi, este un îngrăşămînt valoros.

În procedeul Martin, impurităţile ard nu numai pe seama oxigenului care trece pe deasupra metalului topit, ci şi pe seama oxigenului conţinut în oxizii de fier, adăugaţi la fontă sub formă de minereu pur de fier sau de deşeuri — fier vechi. Căldura necesară se obţine prin arderea în cuptorul Martin a gazului combustibil în amestec cu aerul. Pro-

cesul durează cîteva ore și poate fi reglat cu precizie; el permite introducerea adaosurilor necesare în oțelul obținut.

Procesele chimice din cuptorul Martin sînt asemănătoare cu cele ce se produc în convertizoare. La sfîrșitul topirii, în metal se adaugă o cantitate calculată de dezoxidant — feromangan —, pentru reducerea fierului rămas ca oxid. Procedeul Martin permite obținerea unui metal cu conținut de fier pur pînă la 99,95%. Și în cazul acestui procedeu, aplicarea insuflării de oxigen în loc de aer a adus îmbunătățiri importante. Cuptorul a început să funcționeze mai intens, mai rapid, a început să dea mai mult oțel.

Și încă ceva. Procedeul Martin permite recuperarea a milioane de tone de fier vechi ruginit. De aici reiese că strîngerea fierului vechi este o problemă de stat foarte serioasă și importantă.

Care procedeu de obținere a oțelului este mai bun? S-a văzut că fiecare dintre ele prezintă avantaje și dezavantaje. Principalul dezavantaj al procedeului pe bază de convertizor a fost faptul că dă oțel de calitate mai puțin bună. Fonta se insufla cu aer și cantități însemnate de azot se dizolvau în metal, înrăutățind mult calitatea acestuia. Astăzi însă există convertizoare care utilizează oxigen, nu aer, în scopul arderii complete a carbonului și siliciului din fontă. Oțelul de convertizor se apropie acum din punct de vedere calitativ de oțelul obținut în cuptorul Martin, la un preț de cost mult mai redus. În ceea ce privește capacitatea de producție, un convertizor de 35 tone de oțel este egal cu un cuptor Martin de 800 de tone: un convertizor dă pînă la 50 de șarje în 24 ore, pe cînd un cuptor Martin numai două.

Este rațională întrebarea: nu s-ar putea obține din minereu direct fier și oțel și nu fontă? Aceasta este o întrebare foarte interesantă, care nu este nouă. Încă în 1899 Mendeleev a scris că va veni timpul „să se caute din nou procedee de obținere a fierului și a oțelului din minereuri, ocolind fonta". „De ce «din nou»?", veți întreba dumneavoastră. Cîndva primii metalurgiști obțineau fier dintr-un amestec de minereu cu mangal. Aerul era insuflat cu ajutorul unor foale obișnuite. Fierul obținut se prelucra suplimentar pe nicovală.

În aceste condiții, reducerea minereului se desfășura lent, metalul nu se topea și de aceea nu se satura cu carbon. Acest procedeu se putea aplica la cantități reduse de minereu și era și discontinuu: metalul finit trebuia extras, se încărca din nou șarja și numai după aceea se începea din nou încălzirea.

Pentru producția pe scară mare, procedeul nu era bun și a fost înlocuit prin cel de furnal, la care reducerea minereului se face continuu, iar metalul obținut este lichid și de aceea se îndepărtează ușor din cuptor, fără a-l opri și răci.

În prezent, principiul de obținere directă a fierului din minereu a fost reluat, însă la un nivel tehnic superior. Amintim că fierul devine fontă din cauză că în furnal există un exces de carbon față de cantitatea necesară pentru reducerea minereului. În afară de aceasta, în furnal metalul se topește, ceea ce favorizează carburarea fierului. În cazul în care cocsul se adaugă în cantitatea exact necesară pentru reducerea minereului, iar încălzirea pînă la temperatura necesară se face electric cu ajutorul unor electrozi montați în cuptor, se obține așa-numitul furnal electric. Gazele fierbinți evacuate se întorc din nou în furnalul electric, ceea ce permite economisirea căldurii. Acest cuptor nu dă fontă, ci fier pur. Deocamdată însă este scump, din cauza prețului de cost încă ridicat al energiei electrice. Pentru obținerea directă a fierului din minereuri s-au elaborat și alte metode.



Procesul de furnal sub forma lui actuală și întregul ciclu metalurgic se perfecționea-

ză continuu. Rezervele interne nu sînt nici pe departe epuizate. În viitor funcționarea furnalului va fi nu numai mecanizată, ci și automatizată; se va automatiza și calculul compoziției șarjei pe baza analizei materiei prime, iar procesul se va desfășura după condiții date dinainte. Automatizarea completă — iată viitorul procedeului de furnal și al prelucrării metalului pe întregul drum de la minereu pînă la produsul finit.

Ce se întîmplă într-un laborator de uzină

În cursul procesului de producție, laboratorul prezintă mereu date cifrice asupra compoziției oțelului sau a fontei. Acestea permit să se aprecieze proprietățile mecanice ale viitoarelor produse. O analiză precisă și rapidă a metalului este necesară și la oțelăria Martin, deoarece de compoziția metalului și de cantitatea impurităților conținute în el depind desfășurarea procesului și cantitatea adaosurilor necesare.

Cum se face analiza oțelului?

Pentru determinarea carbonului, o cantitate de oțel se supune unui „proces Bessemer" original, adică se arde într-un aparat special, în atmosferă de oxigen la 1 000—1 100°C. În acest caz carbonul se oxidează complet, transformîndu-se în bioxid de carbon. Bioxidul de carbon este captat de un absorbant special, de exemplu ascarit, adică azbest îmbibat cu hidroxid de sodiu. Creșterea greutății absorbantului arată cît CO_2 s-a degajat la arderea unei probe de oțel de greutate cunoscută și permite să se calculeze conținutul procentual de carbon în oțel.

Există metode suficient de precise și de rapide care permit determinarea conținutului de mangan, sulf, fosfor și siliciu în oțel, ca și al tuturor celorlalte impurități.

Dar informațiile asupra compoziției chimice a oțelului sînt insuficiente pentru aprecierea proprietăților sale; trebuie cunoscută de asemenea și structura metalului. În metalurgie se aplică pe scară largă așa-numita analiză fizico-chimică, care, în esență, constă din determinarea dependenței proprietăților metalului de compoziția lui. Datele obținute se reprezintă sub formă de grafice, denumite

diagrame de stare. De exemplu, se poate alcătui diagrama topirii aliajelor de fier cu carbon, care să arate cum variază temperatura de topire a metalului în funcție de carbonul ce-l conține. Pe această diagramă se poate urmări ușor ce schimbări se produc în metal la răcirea acestuia și prin ce transformări reciproce sînt legați diferiții compuși ce intră în structura metalului. Analiza fizico-chimică se utilizează pe scară largă pentru studiul proprietăților aliajelor.

S-a arătat mai sus că cu cît sînt mai mici și mai compacte granulele din structura interioară a metalului, cu atît este mai mare rezistența sa. Structura cristalină interioară a metalului se studiază, de exemplu, la microscop. Pentru aceasta proba se polizează, iar asupra suprafeței șlefuite obținute se acționează cu diferite substanțe chimice (așa-numita decapare).

În cazul în care metalul nu este omogen, diferiții săi componenți sînt atacați în mod diferit la decapare, ceea ce se observă la studiul microscopic. Se înțelege că pentru astfel de studii metalografice este necesar un microscop special care funcționează în lumină reflectată, deoarece metalul nu este transparent. Se obțin date prețioase și cu ajutorul cercetării cu raze Röntgen.

Fără metode științifice precise de studiu al metalelor, aliajelor și proprietăților acestora, ar fi de neconceput obținerea unor materiale cu proprietăți dorite, prestabilite.

De la oțelăria Martin la producția finită

Să ne întoarcem din nou în secția Martin. Topirea s-a terminat; în cuptorul Martin strălucește orbitor metalul topit. Analiza de laborator a arătat că s-a obținut oțel cu compoziția cerută. S-ar părea că toată lumea poate răsufla ușurată: drumul îndelungat și dificil al fierului de la minereu la metal s-a terminat. Lucrurile nu stau însă așa! Oțelul finit se toarnă în lingotiere și se lasă să se răcească.

Ce se întîmplă în acest caz?

La răcire, oțelul scade ca volum, „se contractă". Ca rezultat, în partea superioară a lingoului se formează o retasură. Este clar că metalul cu o astfel de retasură nu poate „lucra", de aceea partea superioară a lingoului se taie și se trimite la retopire.

La răcirea oţelului în lingotiere, metalul cristalizează neuniform, ceea ce are ca rezultat o structură neomogenă a lingoului: lîngă pereţii lingotierei cristalele sînt mici, în timp ce în stratele mai profunde, unde răcirea se face mai lent, granulele de metal sînt mai mari. Pentru a evita neomogenităţile şi a îmbunătăţi proprietăţile mecanice ale metalului, lingourile trebuie prelucrate suplimentar, comprimate.

Lingourile încălzite la 1 100 — 1 200°C trec la bluminguri şi slebinguri. Aici lingoul, încălzit la roşu, este prins între valţuri între care distanţa scade treptat. În acest caz metalul lingoului este comprimat, amestecat. Un dispozitiv special deplasează lingoul, îl întoarce pe o parte şi pe alta. Pînă la urmă lingoul iese din „strînsoarea de fier" a blumingului sub forma unei bare cu secţiune pătrată, care se taie în bucăţi diferite — blumuri. La slebinguri, o pereche de valţuri de presare sînt aşezate vertical, iar o altă pereche — orizontal. Deoarece fiecare pereche de valţuri are alte diametre, la slebing lingoul nu se transformă în bară, ci într-o placă, care se taie în „sleburi".

După cum se vede, înainte de a trimite oţelul la o prelucrare ulterioară, trebuie efectuate succesiv două operaţii: turnarea şi răcirea oţelului în lingotiere şi ulterior prelucrarea lingourilor în secţiile de laminoare.

Nu s-ar putea oare combina într-un mod oarecare aceste operaţii? Lucrul acesta este posibil.

În prezent există instalaţii pentru turnarea continuă a oţelului. Aici oţelul se toarnă într-un cristalizor — o lingotieră cu pereţi dubli răciţi cu apă. După cîteva minute, stratul exterior de oţel s-a solidificat, iar un mecanism special trage în jos lingoul din cristalizor. În partea de sus intră noi cantităţi de metal topit, care, apăsînd asupra straturilor inferioare, nu permit formarea de retasuri. Astfel se obţine ceva asemănător cu un lingou lung. În timpul în care primele porţii de oţel ajung la capătul sistemului, metalul s-a solidificat complet. Lingoul obţinut este omogen, scad mult deşeurile. După tăierea lingoului, din instalaţie ies blumuri finite.

În prezent, ştiinţa şi practica metalurgiei au elaborat şi alte procedee de îmbunătăţire a structurii metalului. Este în perspectivă introducerea pe scară largă a turnării oţelului sub vid. Astfel gazele dizolvate în metalul topit se îndepărtează, iar structura oţelului se îmbunătăţeşte.

Blumurile și sleburile obținute trec la laminoare. Aici metalul încălzit la roșu trece printr-un sistem de valțuri de formă diferită și iese din laminor sub forma unui laminat cu profilul necesar. Oțelul este apoi prelucrat cu ajutorul a diferite mașini-unelte; se obțin în cele din urmă produsele de oțel așa cum sîntem obișnuiți să le vedem.

„Ei, în sfîrșit, drumul fierului se apropie de sfîrșit!", veți spune. Nu vă grăbiți! Foarte adesea produsul obținut încă nu poate „lucra".

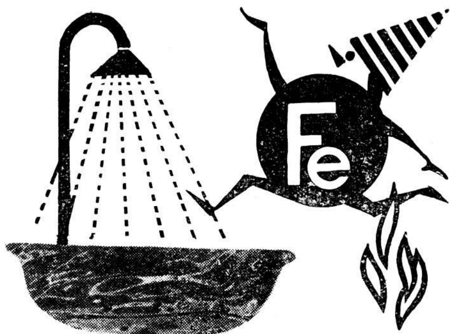
Să vedem care sînt cerințele vieții față de produsele din metal. Se înțelege că aceste cerințe sînt foarte variate și depind de scopul piesei și de condițiile în care ea „lucrează".

După care proprietăți se poate aprecia calitatea metalului? Există cîteva criterii ale calității. Cele mai importante sînt: duritatea, rezistența la rupere, plasticitatea, elasticitatea, fluajul (capacitatea de a-și schimba forma chiar sub influența unor sarcini mici, însă care acționează timp îndelungat). În sfîrșit, o proprietate foarte importantă este rezistența metalului, capacitatea sa de a suporta timp îndelungat sarcini care variază ca mărime și direcție. Arborele cotit al motorului are o formă complicată și funcționează foarte intens: numai într-un sezon agricol arborele cotit al unui motor de tractor face în medie 50 000 000 de rotații. În aceste condiții, și metalul obosește! De aceea este important să se poată aprecia limita de rezistență a metalului, adică sarcina pe care o piesă o poate suporta indiferent de cîte ori fără a se distruge.

Mai jos se va vorbi și despre oțelurile speciale, care conțin adaosuri de alte elemente, ceea ce permite a varia în limite largi proprietățile oțelului. S-a constatat însă că și oțelurile-carbon simple sau fontele pot avea, după o prelucrare specială, proprietăți diferite la una și aceeași compoziție.

Tuturor le este cunoscută călirea oțelului, un exemplu de prelucrare termică a metalului. Produsul din oțel se încălzește pînă la o temperatură de aproximativ 900°C. Metalul se restructurează și la sfîrșitul încălzirii constă din cristale mixte de fier gama și carbură de fier, Fe_3C, așa-numita austenită. După aceea oțelul se introduce în apă rece. Ca rezultat al răcirii rapide, austenita se descompune, dînd martensita, deosebit de dură. Astfel oțelul s-a călit.

La răcirea rapidă, în structura metalului s-au creat tensiuni mecanice interne care măresc fragilitatea oțelului. De aceea produsul călit trebuie decălit, încălzindu-l din nou,



însă la o temperatură relativ redusă, la care structura să nu se schimbe, dar să dispară tensiunile interne. Temperatura decălirii depinde de ceea ce este mai avantajos de păstrat în mai mare măsură — duritatea sau elasticitatea. Practic, instrumentele de oțel, la care ne interesează în special duritatea, se decălesc la 100—150°C. La confecționarea arcurilor sau a resorturilor însă, este, desigur, mai importantă elasticitatea, de aceea ele se decălesc la o temperatură mai înaltă, și anume pînă la 250—300°C.

Tratamentul termic permite să se realizeze și dirijarea proprietăților fontei.

Astfel, tratamentul termic permite să fie mobilizate rezervele interne ale rezistenței metalului și, fără a-i schimba compoziția chimică, să i se schimbe proprietățile într-un sens sau altul. Cerințele industriei față de produsele metalice sînt atît de mari și de variate, încît nu se poate recurge numai la rezervele interne. Trebuie chemați în ajutor alți membri ai vastei familii a elementelor chimice.

Prietenii și dușmanii fierului

S-a constatat că nu întotdeauna este necesar ca proprietățile oțelului să fie aceleași în întregul volum al produsului. De exemplu, roțile vagoanelor de cale ferată sau angrenajele diferitelor mecanisme trebuie să îmbine două calități care par opuse: tenacitatea și duritatea. Într-adevăr,

prin duritate trebuie să se caracterizeze numai suprafața acestor produse, adică stratele cele mai exterioare ale metalului, care sînt supuse sarcinii maxime și trebuie să reziste la uzură prin frecare.

Aceste produse se confecționează din oțel tenace cu conținut redus de carbon, iar apoi suprafața lor se cementează: se încălzește piesa finită în prezența carbonului și a oxidului de carbon la 900°C. În aceste condiții carbonul începe să pătrundă în metal, însă numai la suprafață. Ca rezultat, un strat de metal cu grosime de 0,5—2 milimetri devine dur, păstrîndu-se tenacitatea stratelor interioare ale metalului.

Prin încălzirea unui produs de oțel pînă la 500°C în prezența amoniacului, suprafața se saturează cu azot. În acest caz se formează nitrura de fier, Fe_4N, o substanță atît de dură, încît face ca suprafața să fie foarte rezistentă, cu toate că grosimea acestui „blindaj" nu este de loc mare. Acest proces se numește nitrurare.

Berilurile de fier, care se formează la încălzirea pieselor în pulbere de beriliu, nu măresc numai de 1,5—2 ori rezistența oțelului, ci îl și protejează contra oxidării la temperaturi înalte. La borurarea oțelului, rezistența sa crește de trei ori.

Deseori pentru îmbunătățirea proprietăților oțelului piesele se acoperă cu un strat subțire al unui alt metal. Lucrul acesta se poate face pe diferite căi.

Astfel, oțelul se poate croma electrolitic. Deși grosimea stratului de crom depus este în total de 0,005 milimetri, el este suficient pentru a mări considerabil rezistența piesei.

Nichelul se poate aplica pe oțel și mai simplu: piesa se scufundă într-o soluție de săruri de nichel încălzită. Fierul, ca metal mai activ, înlocuiește nichelul, care se depune pe suprafața piesei. Produsele nichelate pot fi utilizate cu succes la temperaturi ridicate.

Acoperiri foarte subțiri și rezistente se pot obține prin metoda cu scîntei electrice. Piesa de oțel se leagă de o sursă de curent și de suprafața acesteia se apropie un alt electrod, făcut din metalul ce se dorește să fie aplicat pe oțel. Se produce o descărcare și particule extrem de mici ale metalului protector încep să se pulverizeze și să se depună pe suprafața piesei respective. Aceeași metodă permite să se aplice pe suprafață carbon și aliaje dure, în ultimul caz rezistența piesei crescînd de zeci de ori.

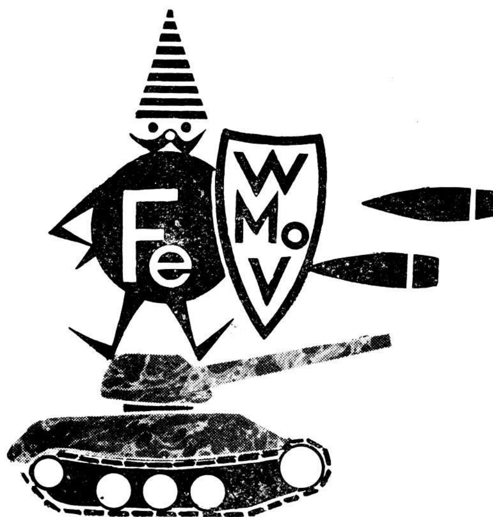
Pînă acum s-a vorbit numai despre suprafața pieselor din oțel și despre îmbunătățirea proprietăților acesteia cu anumite elemente care joacă rolul de ajutoare ale fierului. Un arsenal inepuizabil de proprietăți dintre cele mai prețioase posedă însă numeroasele aliaje pe bază de fier. Ele se obțin de obicei din fier forjabil, căruia i se adaugă, în cuptoare Martin sau electrice, alte elemente în cantități calculate riguros.

Pentru a adăuga oțelului crom, molibden, wolfram, de obicei se introduc în cuptor nu chiar aceste elemente singure, ci aliajele lor cu fierul, așa-numitele feroaliaje. Ferocromul, de exemplu, conține 60% crom, feromolibdenul pînă la 75% molibden.

În prezent, influența adăugării la oțel a diferitelor elemente este destul de bine studiată, astfel încît se poate prevedea dinainte cum va înrîuri asupra proprietăților oțelului un adaos sau altul. Așa, de pildă, adăugarea la oțel a siliciului îi mărește elasticitatea, a manganului — tenacitatea și rezistența la șoc.

Oțelul care conține wolfram capătă o rezistență neobișnuită, care se păstrează și la temperaturi înalte. Acest lucru este foarte important, deoarece, la viteze mari de tăiere a metalului, cuțitul se încinge din cauza frecării și, dacă este confecționat din oțel obișnuit, își pierde duritatea. Pentru oțelul cu wolfram însă, care se și numește „oțel rapid“, această încălzire nu este gravă: el rămîne dur și în conti-





nuare. În compoziția acestui oțel, în afară de wolfram (18%), intră crom (4%) și vanadiu (1%).

În mod analog acționează adăugarea la oțel a borului. Niobiul face ca oțelul să fie deosebit de potrivit pentru confecționarea electrozilor aparatelor de sudură electrică: sudura în acest caz este rezistentă și curată.

Prezența simultană în oțel a wolframului, molibdenului și vanadiului conferă aliajului o rezistență atît de mare, încît poate fi utilizat pentru confecționarea blindajului la tancuri (precum și a capetelor proiectilelor care străpung acest blindaj).

Este foarte interesantă influența vanadiului asupra proprietăților oțelului. Rolul său este dublu: carburile de vanadiu, incluse la topire în structura oțelului, măresc mult rezistența acestuia. Ce înseamnă aceasta? Vanadiul leagă și îndepărtează din oțel sub formă de zgură gazele dizolvate, și anume azotul și oxigenul, de aceea oțelul capătă o structură mai densă, mai fin granulată. Ca rezultat crește rezistența produselor.

Drept modificatori se utilizează de asemenea elementele grupei a doua a sistemului periodic — magneziul și stronțiul. Stronțiul leagă sulful și fosforul, conținutul acestor

impurităţi dăunătoare în oţel scăzînd de 2—3 ori (sulful) şi de 10 ori (fosforul).

Calitatea oţelului este îmbunătăţită şi prin adăugarea de zirconiu. Cromul face ca oţelul să devină foarte rezistent la coroziune. Astfel, în componenţa oţelului inoxidabil intră 18% crom şi 9% nichel. Din acest oţel se confecţionează numeroase piese importante de maşini, aparatură chimică, precum şi corpurile submarinelor. Aliajul care conţine 35% nichel şi 8% crom („elinvarul") este foarte elastic, de aceea se utilizează pentru confecţionarea diferitelor arcuri, inclusiv a celor pentru ceasornice.

Dintre celelalte aliaje pe bază de fier amintim aliajul „invar", care are un coeficient foarte mic de dilatare şi care conţine 36% nichel, 0,5% magneziu şi 0,5% carbon. Acest aliaj este foarte necesar pentru confecţionarea aparatelor de precizie. Din el se pot face diferite etaloane şi calibre. Invarul poate înlocui aliajul mult mai scump de platină şi iridiu, posedînd aceleaşi proprietăţi.

Aliajul care conţine 46% nichel şi 0,15% carbon înlocuieşte cu succes platina cea scumpă, cîndva considerată de neînlocuit în cazurile în care trebuia sudat metal pe sticlă: platina şi sticla au coeficienţi de dilatare foarte apropiaţi. Aliajul nostru, care din această cauză se numeşte „platinit", are acelaşi coeficient de dilatare, dar este cu mult mai ieftin.

Vedeţi ce multe ajutoare are fierul? Uneori însă fierul şi ajutorul lui fac schimb de locuri; fierul serveşte ca adaos la alte metale. Astfel, în foarte cunoscutul aliaj „nicrom", utilizat pentru confecţionarea spirelor aparatelor de încălzire electrică, fierul intră în proporţie de 16%. Baza aliajului o reprezintă nichelul (67,5%) şi cromul (15%), după cum se vede şi din denumirea aliajului.

Este bine cunoscută remarcabila colaborare a fierului cu betonul în construcţiile de beton armat. În acestea se îmbină calităţile pozitive ale ambelor materiale şi sînt evitate în mare măsură neajunsurile pe care le prezintă separat betonul şi fierul.

Fierul are mulţi prieteni. Are însă şi duşmani. Trebuie amintit că sulful şi fosforul înrăutăţesc mult proprietăţile metalului, făcîndu-l casant. Pentru respectarea adevărului remarcăm că mici cantităţi de fosfor în fontă sînt chiar utile, deoarece îmbunătăţesc calităţile de turnare ale fontei.

Dușmanii fierului sînt substanțele chimice agresive. Acțiunile chimice distructive ale mediului înconjurător asupra metalului sînt cuprinse sub denumirea de coroziune. Coroziunea este o urgie groaznică a tehnicii, deoarece din cauza ei se pierde anual pînă la 35% din întregul metal obținut în acest timp!

Care este cauza coroziunii? Aerul conține întotdeauna o cantitate oarecare de bioxid de carbon precum și compuși oxigenați ai sulfului, formați la arderea combustibililor. Acest fapt, împreună cu acțiunea umidității și a oxigenului, duce la distrugerea acoperișurilor din fier, a coșurilor de fum din fier ș.a.m.d. Acesta este un exemplu de coroziune gazoasă. O astfel de coroziune distruge obiectele din fier în uzinele chimice, în care aerul conține urme de substanțe atît de active ca acidul clorhidric gazos, oxizii de azot.

Se înțelege că în măsură și mai mare sînt corodate tuburile din oțel prin care se transportă diferitele lichide agresive în uzinele chimice. Din cauza coroziunii chimice, aceste tuburi trebuie confecționate din materiale speciale: diferite aliaje, mase plastice ș.a.m.d.

Cel mai aprig dușman al fierului este „inofensiva" apă, cunoscută tuturor. Cantitatea cea mai mare de fier se pierde din cauza coroziunii umede, care se produce la contactul obiectelor metalice cu apa sau cu vaporii de apă. Esența acesteia constă în înlocuirea hidrogenului din apă cu fier:



$$Fe + 2H^+ \rightarrow Fe^{2+} + H_2.$$

Această reacție este asemănătoare cu reacția fierului cu acizii, dar, desigur, acizii, disociați în soluții, dau cu mult mai mulți ioni de hidrogen, de aceea coroziunea chimică se produce mult mai rapid.

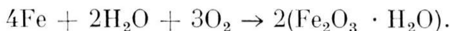
Ca și în cazul altor reacții chimice, coroziunea va decurge mai rapid dacă produsele ce se formează în reacție sînt legate în diferite moduri. Se înțelege că bioxidul de carbon, legînd ionii de fier, favorizează coroziunea:



$$Fe^{2+} + CO_2 + H_2O \rightarrow FeCO_3 + 2H^+.$$

Același rol îl are și oxigenul din aer, care, legînd hidrogenul degajat la coroziune, o favorizează. În plus, oxigenul, înlăturînd hidrogenul, care protejează suprafața fierului

(depolarizare), accelerează de asemenea coroziunea. În sfîrșit, oxigenul oxidează fierul bivalent, făcîndu-l să devină trivalent. Rezultatul total al proceselor care se desfășoară în coroziunea umedă se poate exprima prin ecuația:



$$4Fe + 2H_2O + 3O_2 \rightarrow 2(Fe_2O_3 \cdot H_2O).$$

Astfel rugina este un oxid hidratat al fierului.

De ce fierul chimic pur este mult mai rezistent la coroziune decît metalul tehnic obișnuit? Acest lucru devine clar dacă considerăm coroziunea ca un proces electrochimic.

Amintim că la contactul a două metale care se deosebesc între ele prin ușurința diferită cu care cedează electronii de valență, adică prin activitatea lor chimică, apare o diferență de potențial, metalul mai puțin activ devenind electronegativ, iar cel mai activ — electropozitiv. În cazul în care apa conține chiar o cantitate mică de electrolit, în ea se formează un element galvanic: hidrogenul se degajează la electrodul format de metalul mai puțin activ, în timp ce metalul mai activ se dizolvă. Metalele pure nu formează microelemente galvanice, de aceea ele sînt mai stabile.

Dar microelemente galvanice nu formează numai două metale. Astfel, la ruginirea oțelului-carbon obișnuit apare un microelement galvanic, în care fierul servește drept catod și de aceea se distruge, iar rolul anodului îl are o carbură de fier — cementita. Microelementul galvanic se poate forma și în cazul în care pe suprafața metalului există impurități: praf, bucățele de cărbune ș.a.m.d.

Se știe că, pentru a proteja fierul contra coroziunii, unele obiecte se acoperă cu zinc (zincare) sau cu staniu (cositorire). În cazul deteriorării stratului protector (zgîrieturi, fisuri ș.a.m.d.), procesele de coroziune se desfășoară diferit. În primul caz se distruge zincul, el fiind mai activ decît fierul, iar în al doilea caz fierul, deoarece staniul este un metal mai puțin activ.

Din aceeași cauză, cînd se deteriorează acoperirile de nichel, se distruge și fierul, iar nichelul, mai puțin activ, se păstrează. Din acest punct de vedere, frumoasele produse nichelate, oricît ar părea ele de „aristocratice“ în comparație cu gălețile obișnuite, acoperite cu zinc și de loc strălucitoare, pierd totuși întrecerea cu acestea din urmă cînd sînt atinse de coroziune.

Deoarece pentru formarea unui microelement galvanic este necesară o soluție de electrolit, coroziunea se desfășoară deosebit de intens în apa sărată de mare, în aceasta fiind dizolvate numeroase săruri. Chiar în apa de ploaie, relativ curată, nimeresc din aerul prăfuit suficiente substanțe pentru a se asigura formarea unui cuplu galvanic, ceea ce înseamnă și coroziune.

Procesele de coroziune cu care am făcut cunoștință aici numai pe scurt sînt deosebit de complexe. De aceea, cu toate eforturile unui mare număr de savanți, coroziunea prezintă încă multe aspecte neclare, și teoriile existente sînt deseori discutabile. Știința se dezvoltă însă continuu, zi de zi se acumulează date tot mai noi care ne permit să ne reprezentăm tot mai corect și mai precis procesele care se produc în cadrul coroziunii și să învățăm cum le putem controla.

Care sînt mijloacele de protecție împotriva coroziunii? În primul rînd este necesar să tindem spre obținerea unei suprafețe omogene. Suprafețele șlefuite sînt puțin atacate de coroziune, deoarece ele prezintă mai puține neomogenități mecanice care să favorizeze oxidarea neuniformă și formarea unor microelemente galvanice. Din aceeași cauză, obiectele trebuie curățate de praf.

Acolo unde este posibil, metalul trebuie protejat contra umidității. Cel mai simplu mod de a realiza o astfel de protecție este ungerea obiectelor confecționate din fier cu unsori, al căror strat nu permite accesul umidității și al oxigenului la suprafață. Deseori, produsele din fier se vopsesc sau se lăcuiesc, sau, după cum am arătat, se cositoresc, se zinchează, se nichelează.

Cunoaștem cromarea oțelului. Rezistența la coroziune a produselor cromate se explică prin faptul că cromul se acoperă foarte rapid, în contact cu aerul, cu un strat extrem de subțire de oxid dens și omogen, Cr_2O_3, care nu admite accesul umidității și al oxigenului la metal și de aceea îl pasivizează în mod sigur.

Din păcate, oxizii fierului însuși nu pasivizează metalul decît în cazul în care au fost obținuți în condiții speciale. De regulă, oxizii de pe suprafața fierului sînt atît de poroși, încît nu împiedică ruginirea ulterioară.

Suprafața obiectelor metalice încălzite timp îndelungat într-o soluție concentrată de salpetru și alcalii se închide la culoare ca urmare a formării unei pelicule protectoare de oxid. Acest proces de pasivizare a fierului se numește brunare. Pelicule protectoare foarte rezistente se obțin la fosfatarea suprafeței cu fosfați de fier și de mangan.

Studiind procesele electrochimice care se produc la ruginire, oamenii au găsit metode ingenioase de luptă contra coroziunii. De exemplu, dacă de fundul unui vapor se fixează o placă de zinc și apoi se leagă printr-un conductor de corpul metalic al navei, zincul se va dizolva, iar corpul de oțel va rămîne nevătămat.

Se fac cercetări perseverente pentru a găsi substanțe care să încetinească coroziunea, catalizatori negativi ai coroziunii (inhibitori). Drept astfel de substanțe servesc, de exemplu, cromatul de sodiu și substanțe organice, ca formolul și urotropina. Problema luptei contra coroziunii continuă să rămînă o problemă științifică dintre cele mai importante, care atrage forțe științifice considerabile.

„Epoca fierului" continuă

Fierul este cunoscut omului de mii de ani. Introducerea obiectelor confecționate din fier în practica muncii oamenilor în locul cuprului și al bronzului a constituit o revoluție tehnică atît de importantă, încît o mare perioadă din viața omenirii este denumită „epoca fierului". Astăzi, perioada în care trăim este deseori denumită epoca materialelor plastice, uneori epoca aluminiului, dar rareori se mai vorbește despre „epoca fierului". Și pe nedrept!

Să judecăm. S-a calculat că în întreaga istorie a omenirii s-au extras din Pămînt cîteva miliarde de tone de fier. Mare parte din această cantitate a fost pusă în slujba omului în cursul ultimei sute de ani.

În acest timp oamenii au început să utilizeze numeroase materiale noi, dintre care aluminiul, titanul, wolframul, vanadiul, materialele plastice ș.a.m.d. În același timp însă crește în fiecare an și producția de fier. Dacă în 1900 în întreaga lume s-au obținut circa 42 000 000 de tone de fier,

în 1940 s-au obținut 105 000 000 de tone[1]. În 1965 se prevede să se obțină în Uniunea Sovietică pînă la 91 000 000 de tone de oțel, iar în 1980 pînă la 250 000 000 de tone de oțel.

Fără îndoială, dominația fierului se reduce o dată cu introducerea în tehnică a noilor materiale. Este și firesc: fiecare material trebuie folosit cu utilitatea maximă acolo unde este mai rațional. În aviație, fierul „nu este admis" de către aliajele de aluminiu și de magneziu. Și în cosmos, după toate probabilitățile, fierul nu va putea fi întîlnit, ca și cu mii de ani în urmă, decît sub formă de meteoriți: nu are proprietăți utile în construcția de nave cosmice. Chiar și pe Pămînt fierul are în prezent numeroși concurenți: într-un șir de produse este înlocuit de aluminiu și de materialele plastice. Perspective mari prezintă metalele recent introduse: titanul, care, în special, este cu mult mai puțin sensibil la coroziune și de aceea „trăiește" peste o sută de ani; vanadiul, beriliul și altele, despre care se va vorbi în capitolul următor.

Cu toate avantajele lor indiscutabile însă, toate aceste metale au un neajuns extrem de important: sînt scumpe și producția lor se exprimă prin cifre care greu se pot compara

---

[1] În cadrul politicii de industrializare socialistă a țării, dusă de P.M.R., dezvoltarea industriei siderurgice a R.P.R. este una din preocupările principale ale puterii populare.

Imediat după naționalizare s-au luat măsuri pentru reconstruirea industriei siderurgice, pentru modernizarea vechilor instalații, pentru introducerea de instalații noi de mare capacitate, pentru mărirea capacităților instalate. S-au construit furnale înalte de capacități ridicate și cu un grad înalt de automatizare, comparabile cu cele din țările puternic industrializate. Furnalele înalte construite în ultimii ani au atins capacitatea de 1 000 mc, față de 180 mc în 1938. Încă din 1957, în centrul siderurgic de la Hunedoara, s-a pus în funcțiune o oțelărie echipată cu cuptoare de 20 tone, iar în viitor s-au prevăzut noi oțelării echipate cu cuptoare de 185—400 tone capacitate. Este suficient a arăta că producția unui cuptor de 400 tone de la Hunedoara este superioară producției de oțel a Romîniei din 1938. Producția de fontă a fost în 1964 de cca. $14^1/_2$ ori mai mare ca în 1938, iar cea de oțel de aproape 11 ori. Numai în perioada 1959—1963, atît producția de fontă, cît și cea de oțel s-au dublat. În această perioadă s-a dezvoltat producția de oțeluri speciale pentru rulmenți, pentru industria electrotehnică etc., ca și producția de oțeluri inoxidabile, refractare și altele. Calitatea minereului de fier s-a îmbunătățit prin realizarea de instalații de îmbogățire și aglomerare.

A început construcția combinatului siderurgic de la Galați — unul din cele mai mari obiective industriale ale țării, care la începutul deceniului viitor va livra o producție de oțel ce va depăși întreaga producție a țării din 1963 *(N.t.)*.

cu cele ale fierului. Astfel, vanadiul se obține în prezent în cantitate aproximativ de 20 000 de ori mai mică decît fierul și numai de 5 ori mai mare decît aurul. 90% din întreaga producție de wolfram se utilizează pentru obținerea oțelului pe bază de fier, căci obiectele făcute numai din el ar fi excesiv de scumpe.

În prezent, partea fierului reprezintă 94% din cantitatea totală a metalelor utilizate în tehnică. Toate acestea permit să se afirme că tehnica se va dezvolta încă timp îndelungat prin îmbinarea rațională a materialelor noi cu cele vechi și mai ales cu încercatul metal — fierul.

DAR DACĂ N-AR MAI EXISTA FIERUL ?

Atunci s-ar produce o catastrofă cu adevărat mondială. Iată cum o descrie savantul sovietic Fersman: „...Pe străzi s-ar vedea semnele unei distrugeri groaznice: nici șine, nici vagoane, nici locomotive, nici automobile... chiar pietrele de pavaj s-ar transforma într-un praf argilos, iar plantele ar începe să se piperniceascǎ și să piară fără acest metal dătător de viață. Distrugerea s-ar întinde ca un uragan pe întregul Pămînt și pieirea omenirii ar fi inevitabilă.

De altfel omul nu ar ajunge să trăiască pînă la acest moment deoarece, fiind lipsit de cele trei grame de fier din corpul și sîngele său, și-ar înceta existența înainte de a se fi produs evenimentele descrise...".

Iar dacă ipoteza privitoare la existența nucleului de fier al Pămîntului este reală, dispariția fierului ar însemna pieirea planetei noastre.

Se înțelege că nu se poate întîmpla nimic asemănător și că această imagine fantastică are doar rostul de a sublinia marele rol al fierului în viața noastră.

Această problemă poate fi însă pusă și pe o bază cu totul reală. În esență, activitatea conștientă a omului are ca urmare că fierul, concentrat în zăcămintele miniere și extras pentru necesitățile industriei, se dispersează continuu pe întreaga planetă și se pierde ireversibil. Nu e greu de înțeles îngrijorarea oamenilor de știință în legătură cu problema ce se va întîmpla dacă se vor epuiza bogatele zăcăminte de fier, care nu sînt prea numeroase pe planeta noastră. Acest fapt ne îndreptățește să punem — de astă dată în mod cu totul serios — întrebarea care alcătuiește titlul capitolului nostru. Problema metalelor zilei de astăzi și a metalelor zilei de mîine este o problemă reală.

Aceasta însă nu este încă tot. Pînă acum a fost vorba despre cantitatea de fier. Nu trebuie uitată însă și o altă

latură, mai importantă, calitativă, a problemei metalelor. Atunci cînd s-a vorbit de exemplu, despre aliajele de fier, s-a subliniat: acest aliaj este mai rezistent decît oțelul carbon obișnuit, celălalt este mai refractar, al treilea este mai ușor și nu se teme de coroziune. Toate împreună înseamnă că, în ceea ce privește proprietățile lor, ele sînt superioare fierului sau oțelului-carbon obișnuit.

Căutarea unor metale noi care să înlocuiască fierul este legată de cerințele tot mai noi pe care le pune tehnica în ce privește calitatea materialelor folosite. Aceste exigențe devin atît de mari, încît deseori oțelurile aliate nu le mai pot satisface.

Pentru strungurile cu tăiere rapidă sînt necesare cuțite mai dure și mai refractare decît cele mai bune oțeluri de calitate. Pentru industria chimică sînt necesare materiale care să reziste mai bine la coroziunea chimică decît oțelul inoxidabil... Dacă ne amintim că oțelul inoxidabil s-a obținut prin adăugarea la fier a unor metale de aliere ca cromul și nichelul, iar oțelul de tăiere rapidă prin adăugarea wolframului, este naturală încercarea de a se recurge la aceste metale pentru a se obține materiale mai bune decît aliajele pe bază de fier.

Împreună cu fierul și în locul fierului

Elementele care înconjură fierul în sistemul periodic — cobaltul, nichelul, cromul, molibdenul, wolframul și vanadiul — au intrat în industrie în special datorită fierului. S-a arătat cît de favorabil influențează adaosuri chiar minime ale acestor elemente asupra calității oțelului. Iată numai un exemplu: încă în 1907 obținerea unui aliaj refractar, conținînd — în afară de fier — crom și molibden, a permis mărirea vitezei de tăiere a metalului de la 5 pînă la 40 de metri pe minut. Creșterea productivității de opt ori a oferit cea mai bună recomandație elementelor de aliere. Fără vanadiu nu ar exista automobilul, fără crom oțelurile inoxidabile. Dar o „specialitate“ autonomă, independentă de fier au obținut aceste metale abia mai tîrziu.

În 1957 s-au obținut viteze de tăiere de 1 500—2 000 de metri pe minut. Oțelul de tăiere rapidă pe bază de fier nu

a suportat aceste viteze: în timpul lucrului cuțitul se încălzea, rezistența lui scădea foarte mult. Au fost găsite aliaje noi fără fier. Un astfel de aliaj este cel care conține carbură de wolfram și cobalt. În prezent se obțin oțeluri care conțin pînă la 90% molibden sau wolfram, iar aliajul constînd din cobalt, nichel, crom și molibden rezistă tuturor acizilor, cu excepția celui fluorhidric.

Nu trebuie uitat că fiecare dintre elementele aliate este el însuși mai greu fuzibil decît fierul, iar wolframul nu are egal printre metale: temperatura de la suprafața Soarelui este numai de două ori mai mare decît cea necesară pentru topirea wolframului. Wolframul se forjează și se laminează foarte bine.



Se înțelege acum de ce i s-a deschis un drum larg în ramurile industriei în care fierul nu ar mai putea „lucra", de exemplu în electrotehnică și radiotehnică.

Aceste ramuri au necesitat materiale noi. Sîrma subțire de wolfram (0,01—0,5 milimetri) strălucește în miliarde de becuri electrice; în unele piese ale aparaturii radiofonice „lucrează" de asemenea wolframul; din acest metal au fost făcute contactele unui mare număr de aparate importante...

În vremea noastră, toate metalele amintite au devenit materiale obișnuite, folosite în tehnică. Singure însă, ele se utilizează incomparabil mai puțin decît în aliaj cu fierul.

De ce oare? Din cauză că minereurile lor sînt mai puține, conținutul de metal în ele nu este mare, prelucrarea lor este mai complexă decît în cazul fierului. În afară de aceasta, pentru a utiliza cît mai complet proprietățile utile ale fiecărui metal este necesară purificarea lor foarte amănunțită. De exemplu timp îndelungat cromul era considerat ca metalul cel mai dur, avînd însă cusurul de a fi casant. Dar cînd s-a reușit să se obțină probe foarte pure de crom, s-a constatat că este suficient de plastic și de forjabil. O asemenea purificare scumpește însă foarte mult metalul. Fără îndoială că, în ceea ce privește numeroasele lor calități, metalele considerate întrec evident fierul. Nici unul dintre ele nu se poate compara însă cu fierul în ceea ce privește cantitatea rezervelor existente în natură.

Există oare sub acest aspect rivali primejdioși ai fierului?

„Metalul înaripat"

Nu întîmplător aluminiul este denumit „metalul înaripat", deoarece pînă la 80% din greutatea unui avion o reprezintă aluminiul și aliajele lui. Aviația modernă este unul dintre principalii consumatori ai aluminiului, fără a fi nici pe departe unicul.

Drumul acestui metal pînă în întinderile oceanului aerian nu a fost ușor. În prezent, cînd fiecare gospodină pune pe foc o cratiță de aluminiu, este greu de crezut că numai cu 70 de ani în urmă, în semn de profundă considerație față de D.I. Mendeleev, savanții englezi i-au oferit un vas prețios din aluminiu ornamentat cu aur. Cine ar fi putut să se gîndească atunci că zborul primelor aeroplane, confecționate din placaj și pînză, va trezi la viață după două decenii o întreagă ramură a industriei moderne producătoare de aluminiu și de alte metale și aliaje ușoare? Multe erau atunci greu de presupus... Totuși cei mai perspicace oameni de știință au prezis aluminiului un mare viitor.

Istoria aluminiului în tehnică începe cu argila. Aluminiul este un component a circa 250 de minerale diferite. Scoarța Pămîntului conține cantități uriașe de silicați de aluminiu și totuși extragerea aluminiului din acești compuși este deosebit de dificilă. Natura însăși „a ajutat" omul: ca rezultat al eroziunii eoliene, silicații de aluminiu se distrug, dînd

zăcăminte de argilă care conțin 15—20% aluminiu și care pot constitui o materie primă pentru obținerea aluminiului.

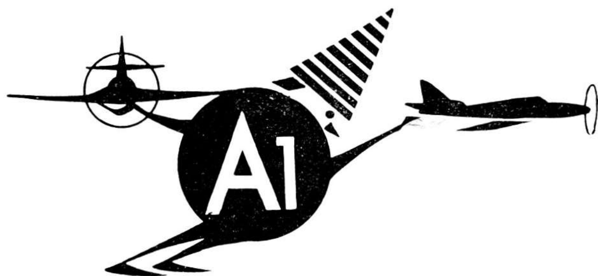
Conținutul de aluminiu este mai mare în bauxită, care joacă un rol de frunte printre mineralele industriale ale acestui metal. Bauxita este un oxid de aluminiu hidratat, $Al_2O_3 \cdot xH_2O$, la care sînt adăugați oxizi de fier și silice. Astfel, în natură aluminiul este mai răspîndit decît fierul. De ce oare utilizarea lui în tehnică „a întîrziat" cu milenii întregi în comparație cu fierul? Toată problema constă în dificultatea separării aluminiului din minereurile lui.

Dacă vă amintiți, și numeroase minereuri ale fierului sînt oxizi hidratați, $Fe_2O_3 \cdot xH_2O$. Fierul însă se obține destul de ușor și în cantități mari prin reducerea minereului, din cauză că oxigenul din oxizii de fier nu este reținut prea puternic. Cu totul alta este situația în cazul aluminiului: este greu de găsit alt element care să rețină atît de „tenace" oxigenul în oxidul lui.

Se consideră, în mod cu totul justificat, că metalele alcaline au cea mai mare reactivitate. Dar nici ele nu au puterea de a despărți oxigenul de aluminiu. De aceea prima cale care a dus în 1827 la obținerea aluminiului metalic a fost foarte complicată: prin încălzirea cu cărbune într-un curent de clor, oxidul de aluminiu s-a transformat într-o clorură volatilă, care ulterior a fost redusă cu potasiu sau sodiu. Ulterior acest procedeu a fost oarecum perfecționat: s-a început aplicarea electrolizei compusului complex $NaCl \cdot AlCl_3$. Sodiul separat în acest caz înlocuia imediat aluminiul din clorură.

În același timp au fost făcute primele încercări de a se obține metalul în cuptoare electrice la temperaturi înalte. Impulsul final în dezvoltarea acestei metode a fost dat de utilizarea criolitei, Na_3AlF_6. Metoda a dat rezultate bune. Dar, oricît de izbutită era, nu se putea aplica pe scară mare: pentru topirea unei tone de aluminiu este nevoie de aproximativ 20 000 de kilowatt-ore de energie electrică. Este clar că numai secolul energiei electrice ieftine putea deveni secolul aluminiului.

Problema nu era însă numai aceasta: de fapt, tehnica încă nu avea nevoie de acest nou material. De aceea, la început, imediat ce s-a obținut metal relativ ieftin, acesta, după expresia plastică a lui A.E. Fersman, și-a început drumul... „cucerind bucătăria": metalul ușor, rezistent și ușor prelucrabil a devenit un material al obiectelor de bucătărie.



Dintre ramurile tehnicii prima care a cerut cu insistență noul metal a fost aviația. Apoi el a început să înlocuiască cuprul ca material pentru conductoarele electrice, a ajuns în industria de automobile și în construcția de mașini. Iată cîteva cifre: la 50 de ani după „nașterea" lui, în 1885, s-au obținut anual 13 tone de aluminiu. După încă 50 de ani, în 1935, producția sa a crescut pînă la 260 000 de tone anual. În 1957 s-au obținut 3 500 000 de tone de metal. Astfel aluminiul a ajuns pe locul al doilea, după fier[1].

Ce sînt „electronii"?

Sînt foarte răspîndite acele aliaje ale aluminiului în care intră alt metal ușor — magneziul. Greutatea sa specifică este de numai 1,74; de aceea utilizarea magneziului trebuie să permită într-un grad și mai mare să se cîștige „lupta pentru kilograme".

Din păcate, magneziul ca atare este puțin rezistent. De aceea, spre deosebire de aluminiu, magneziul pur nu este potrivit pentru tehnică. Aliajele de magneziu sînt însă un material minunat, din cauză că la o greutate specifică cu 30% mai mică

[1] În statisticile anului 1938 — anul de vîrf al economiei capitaliste din Romînia — se găsește înregistrat exportul de bauxită — materia primă de bază pentru obținerea aluminiului. Realizarea planului de electrificare a țării a creat un puternic potențial energetic, condiție a unei producții proprii de aluminiu. Congresul al III-lea P.M.R. a hotărît realizarea unei uzine de aluminiu la capacitatea de 50 000 tone anual. Uzina de aluminiu de la Slatina, care urmează să intre în funcțiune, va valorifica, pentru prima dată în țara noastră, bauxita romînească *(N.t.)*.

decît a aluminiului ele se deosebesc prin calități remarcabile: sînt rezistente, conțin zinc și aluminiu, sînt stabile la coroziune dacă s-a adăugat litiu sau mangan. Aliajele pe bază de magneziu au căpătat denumirea de electroni: desigur, ele nu au legătură cu particula elementară care are aceeași denumire. Ca și aluminiul, aliajele de magneziu se protejează prin scuturi de oxid. Pentru a se prelucra la temperaturi de 300—350°C, magneziul se aliază cu toriul sau cu elemente ale pămînturilor rare. Aceste aliaje sînt utilizate în construcția de rachete și în aviația rapidă.

În natură există o mare cantitate de zăcăminte ale mineralelor ce conțin magneziu — magnezita și dolomita — prin calcinarea cărora se obține oxidul de magneziu. Acesta se poate reduce cu cărbune sau siliciu la temperaturi înalte într-un curent de hidrogen. Se separă o pulbere de magneziu de înaltă puritate.

O sursă absolut inepuizabilă de magneziu, pe care natura o completează mereu, este apa oceanelor, care conține, după cum s-a calculat, 10^{16} tone din acest metal. Fiecare metru cub de apă de mare conține sub formă de săruri 3,5 kilograme de magneziu. Dacă la apa de mare se adaugă $Ca(OH)_2$, se formează un precipitat de cloruri de magneziu bazice puțin solubile. Din acest precipitat, prin acțiunea acidului clorhidric se extrage $MgCl_2$, care, după uscare, trece la electroliză. Pentru ca metalul topit să nu se oxideze, pe suprafața acestuia se trece hidrogen. Simultan se formează clorul — un alt produs chimic prețios.

Au trecut demult vremurile cînd magneziul avea o utilizare foarte limitată (de exemplu pentru realizarea „blitz"-ului în fotografie). În prezent magneziul nu numai că se utilizează pe scară largă sub formă de aliaje, ci îi și ajută pe metalurgiști la obținerea a numeroase metale prețioase. Dacă în 1938 producția mondială a magneziului (fără U.R.S.S.) era numai de 22 000 de tone, în 1956 ea a crescut pînă la 75 000 de tone și continuă să crească.

Astăzi este la ordinea zilei problema găsirii unor metode de obținere termică a aluminiului direct din silicații de aluminiu. Deosebit de avantajos este acest proces pentru obținerea aliajelor numite silumine (materia primă conține laolaltă siliciu și aluminiu). Este greu de precizat termene exacte, însă mai devreme sau mai tîrziu omul va deține o metodă care să permită, vorbind la figurat, să topească munții, transformîndu-i în aluminiu...

Un metal ce nu obosește

Proprietățile acestui metal nu pot să nu atragă atenția: este tot atît de ușor ca magneziul, dar de două ori mai greu fuzibil, nu se corodează pînă la temperatura de 400°C, este mai elastic decît oțelul. Acest metal este beriliul.

Beriliul mai are și alte calități, în privința cărora este fără rival. În primul rînd este vorba de capacitatea de a frîna foarte bine neutronii rapizi. Aceasta face să fie un material important în construcția reactorilor atomici.

Este interesantă și altă proprietate a beriliului. Sunetul se propagă în aer cu 330 de metri pe secundă și în apă cu 145 de metri pe secundă. În beriliu, sunetul bate toate recordurile, propagîndu-se cu 12 500 de metri pe secundă. Obiectele confecționate din beriliu au o sonoritate minunată. Este interesant că această proprietate o au și aliajele de cupru care conțin 0,5—1,3% beriliu.

Nu sonoritatea acestor aliaje îi atrage însă pe tehnicieni. Mult mai important este faptul că adaosul de 3—4% beriliu la cupru face ca aliajul să fie dur, elastic, și mai ales să nu obosească și să suporte sarcini variate și repetate. Aceste aliaje — bronzurile de beriliu — pot fi călite și nu se corodează.

Și încă o proprietate remarcabilă: aceste aliaje nu fac scîntei. Cine a avut ocazia să urmărească lucrul unei pietre de polizor știe ce mănunchi de scîntei este împrăștiat de obiectele de oțel cînd se freacă de piatra de polizor. De obicei acestor scîntei nu li se acordă atenție. Există însă producții în care scînteia poate provoca explozii și greșesc cei care consideră că ea este periculoasă numai la depozitele de pulbere... În mină, la depozitele de petrol și chiar la moară sau la fabrica de zahăr, dacă aerul conține o pulbere măruntă, de exemplu făină, există pericolul de explozie. Acolo instrumentele din aliaje de beriliu, care nu produc scîntei, sînt de neînlocuit.

Ce perspective prezintă posibilitatea obținerii unor aliaje de litiu și beriliu? Combinarea celor două metale foarte ușoare va duce, poate, la nașterea unor aliaje care să nu se scufunde în apă...

Un element care își justifică numele

Metalul despre care va fi vorba acum a fost separat pentru prima oară de către Berzelius în 1824 și a căpătat un nume foarte promițător: „titan".

Titanii din mitologie se luptau cu zeii, iar unul dintre ei, Prometeu, după cum povestește mitologia, a adus oamenilor focul... Ce dă însă oamenilor titanul? Își merită el oare răsunătorul nume? Dacă ar fi fost vorba despre aceasta acum douăzeci de ani, această întrebare ar fi provocat numai un zîmbet: pe atunci se utilizau numai cîțiva compuși ai titanului, și aceasta departe de căile principale ale științei și tehnicii. Pe scară redusă titanul era utilizat ca element de aliere.

Cauza acestei neatenții este destul de clară: se putea renunța la acest metal. În industria chimică erau utilizate oțelurile inoxidabile, plumbul și alte elemente „obișnuite" și demult cunoscute. Pe atunci „zburau" doar aluminiul și aliajele de aluminiu și de magneziu.

Viteza avionului creștea însă continuu și, atunci cînd s-a apropiat de viteza sunetului, au apărut greutăți. Pentru a învinge „bariera sonică" erau necesare noi materiale — ușoare ca și aluminiul, însă cu mult mai rezistente. Aviația cu reacție necesita metale care să îmbine greutatea specifică



mică cu rezistența la căldură necesară pentru confecționarea motoarelor cu reacție. Tehnica avea materiale rezistente la căldură: oțeluri cu wolfram, molibden, crom existau în cantitate suficientă. Nu erau însă destul de ușoare...

În această situație a bătut și ceasul titanului. Căci acesta îmbină un punct înalt de topire (1 725°C) cu o greutate specifică redusă (circa 4,5). Fiind numai de 1,5 ori mai greu decît aluminiul, este de 6 ori mai rezistent decît acesta. Pentru a compara rezistența titanului cu rezistența fierului și a aluminiului, vom arăta că, dacă pentru susținerea unei greutăți oarecare este suficientă o sîrmă de titan cu secțiunea de 1 milimetru, sîrma de oțel trebuie să fie de 1,5 iar cea de aluminiu de 2,6 ori mai groasă.

Titanul se forjează ușor și poate fi prelucrat și prin alte metode. Este deosebit de rezistent la coroziune. Înainte de a utiliza un metal oarecare în tehnică, acesta este de-a dreptul „schingiuit", este supus încercărilor celor mai grozave: este desfăcut în bucăți, fărîmițat, „fiert" în acizi și alcalii, supus unor sarcini monstruoase... Titanul a trecut cu succes „prin apă și foc". O placă de titan introdusă în apa de mare și ținută acolo timp de zece ani (termen în care dintr-o placă identică, dar de fier, n-ar fi rămas decît amintirea) nu s-a schimbat de loc. În apă obișnuită titanul se corodează numai la temperaturi de circa 800°C. În aer titanul este stabil pînă la 600°C. La temperaturi mai înalte, el se autoprotejează, formînd o peliculă de oxid. La o temperatură foarte înaltă însă, metalul începe să absoarbă gazele — oxigen, azot — și să se combine cu sulful și cu carbonul.

Această particularitate a titanului reprezintă, în general, un neajuns. Și, totuși, chiar această însușire a reprezentat începutul utilizării titanului în metalurgie: adăugat la oțel, titanul a fost obligat să capteze gazele dizolvate în acesta și astfel să-i îmbunătățească structura. De altfel, aproape toate metalele noi și-au început „activitatea" în tehnică în combinație cu fierul și numai după aceea și-au croit un drum propriu.

Astfel, la temperaturi înalte, titanul absoarbe gazele. În același timp, el devine mai dur, dar plasticitatea lui descrește.

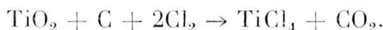
Admirabile sînt proprietățile aliajelor de titan cu vechii noștri cunoscuți: molibdenul, cromul, wolframul, vanadiul, și cu metalele noi: zirconiul, niobiul, tantalul. Aliajul de titan conținînd 5% crom și 3% aluminiu este de două ori

mai rezistent și de 1,5 ori mai ușor decît oțelul inoxidabil. La 500°C rezistența lui este mai mare decît a oțelului inoxidabil la temperatură obișnuită. Combinîndu-se cu carbonul, titanul formează o carbură foarte dură, a cărei utilizare la cuțitele strungurilor permite mărirea de zeci de ori a vitezei de așchiere.

O largă utilizare au și ceilalți compuși ai titanului. Iată pe unul dintre aceștia: oxidul TiO_2. Acesta este un pigment alb, un material pentru industria ceramică, component al sticlelor greu fuzibile și catalizatorul unor reacții chimice. Numai ca alb de titan se utilizează anual pînă la 20 000 de tone din această substanță.

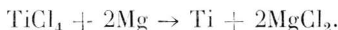
Rezervele minereurilor de titan în natură sînt mari: titanomagnetitele, conținînd împreună fierul, titanul și vanadiul, mineralele ilmenit (sarea de fier a acidului titanic, $FeTiO_3$) și rutilul, TiO_2.

Prepararea materiei prime inițiale pentru producția titanului se reduce la obținerea bioxidului său. Ulterior TiO_2 se reduce cu carbon într-un curent de clor, obținîndu-se tetraclorura de titan:



$$TiO_2 + C + 2Cl_2 \rightarrow TiCl_4 + CO_2.$$

Pentru ca din acest compus să se separe metalul însuși, se acționează asupra sa cu magneziu metalic, care „ia" clorul, rămînînd titan sub forma unei mase spongioase:



$$TiCl_4 + 2Mg \rightarrow Ti + 2MgCl_2.$$

Pentru a se obține metalul compact, „buretele de titan" trebuie retopit. Procesul se desfășoară în vid sau în atmosfera unui gaz inert, argonul, pentru a nu înrăutăți proprietățile metalului în urma absorbției de azot și de oxigen din aer. Cu toate acestea, metalul astfel obținut nu-și dezvăluie toate particularitățile, din cauza insuficientei purități. De aceea el trebuie purificat suplimentar. Un metal deosebit de pur se obține prin metoda cu iodură, care are o mare importanță în producția nu numai a titanului, ci și a zirconiului și a altor metale noi.

Metalul separat din clorură este transformat în iodură. De ce oare? Iată de ce. TiJ_4, format la 300°C, este ușor volatil, de aceea sublimează în vid. În drumul lor, vaporii de TiJ_4 întîlnesc o sîrmă încinsă (1 400°C) din titan. La

această temperatură, iodura se descompune, dînd titan și iod. Titanul pur se precipită pe sîrmă, iar iodul se întoarce din nou în proces și transportă „pe umerii săi" porția următoare de metal. Temperatura sublimării se reglează, pentru ca numai iodura de titan să se evapore, iar celelalte ioduri să rămînă pe fundul aparatului. După cum vedeți, procesele sînt complexe, necesitînd — pe scară industrială! — utilizarea vidului, a unui gaz inert, a unei aparaturi voluminoase, capabile să înfrunte o substanță agresivă cum este clorul... Nu e de mirare că, dacă se ia ca unitate costul minereului, costul metalului pur finit este de aproape 500 de ori mai mare. Scump? Desigur — deocamdată. Și totuși... Vă amintiți ce furtunoasă a fost creșterea producției de aluminiu? Producția titanului crește de trei ori mai rapid.

Titanul „s-a pus bine pe picioare" în tehnica modernă. Viața nu stă însă pe loc. Pe calea care duce din domeniul elementelor rare în domeniul materialelor obișnuite ale tehnicii apar noi materiale remarcabile.

Noi metale la start

În familia metalelor greu fuzibile, un loc — care nu este ultimul — este ocupat de două elemente gemene: zirconiul și hafniul. Ambele sînt analoge titanului și au proprietăți nu mai puțin remarcabile decît ale acestuia.

Este interesantă istoria acestor elemente. Zirconiul a fost descoperit foarte de mult, în 1789. Hafniul, care-l „însoțește" întotdeauna în natură și în preparatele de laborator, a rămas însă neobservat timp de peste 130 de ani, datorită neobișnuitei sale asemănări cu zirconiul. Despre cauza acestei asemănări — așa-numita „contracție lantanidică" — se va vorbi mai jos.

Numai cu 20 de ani în urmă zirconiul era utilizat în cantități foarte mici, și doar sub formă de bioxid, ZrO_2, care servea ca un bun material refractar. Zirconiul metalic se utiliza puțin (ca element de aliere prețios, dar prea scump). Acest metal a fost chemat la viață prin dezvoltarea construcției de rachete și a tehnicii atomice.

Mineralele zirconiului — zirconul, $ZrSiO_4$, și baddeleyta, ZrO_2 — se întîlnesc în cantități considerabile, zăcămintele conținînd deseori și minerale ale altor elemente. Problema

separării lor nu este ușoară. După cum se știe, numeroase minerale se pot separa după greutatea specifică, alegîndu-se dizolvanți în care unele ies la suprafață, altele rămîn la fund. În cazul respectiv, această metodă nu e de nici un folos: greutățile specifice ale componenților sînt prea apropiate. Soluția problemei a dat-o studiul proprietăților părților componente ale unui amestec complex de minerale care conțin zirconiu: toate aceste minerale au proprietăți magnetice diferite. Aceasta a permis utilizarea separării magnetice.

Un concentrat de zircon conținînd numai cantități reduse de impurități se utilizează fie în industria ceramică, fie ca material refractar. Din el se obține și zirconiul metalic. Ritmul de creștere a producției concentratelor de zircon este foarte rapid: de la 4 500 de tone în 1940 la 90 000 de tone în 1955 și 143 000 de tone în 1959 (fără U.R.S.S.). Producția de metal care în 1955 era de circa 1 000 de tone, a crescut în 1959 de trei ori.

Zirconiul metalic se obține astfel: amestecul de zircon se sinterizează la 650–670°C cu fluosilicat de potasiu. În acest caz se separă SiO_2, iar Zr ocupă locul siliciului: $ZrSiO_2 + K_2SiF_6 \rightarrow 2SiO_2 + K_2ZrF_6$. Sarea obținută se dizolvă în apă, iar după aceea se cristalizează. Această sare poate fi redusă cu sodiu metalic; ea poate fi, de asemenea, transformată în $ZrCl_4$, pentru ca, apoi, zirconiul metalic să fie separat prin acțiunea magneziului.

Zirconiul se purifică, ca și titanul, prin metoda cu iodură. Trebuie însă să menționăm din capul locului că prin această metodă, zirconiul nu poate fi purificat de „umbra" lui, hafniul, care în timpul întregului proces descris îl urmează. Prezența hafniului — de la 1 pînă la 3% — uneori nu împiedică utilizarea zirconiului. Dacă este vorba de rezistența la coroziune, aceasta este mare la ambii „gemeni". Proprietățile mecanice sînt de asemenea aproximativ la fel de bune. În industria atomică însă, care are nevoie de zirconiu și de aliajele acestuia, impuritatea de hafniu reduce la zero toate proprietățile remarcabile ale zirconiului: dacă acesta din urmă este practic „transparent" pentru inițiatorii reacției nucleare — neutronii —, hafniul îi absoarbe cu aviditate; industria atomică necesită o separare minuțioasă a zirconiului de hafniu.

În prezent, această problemă extrem de complexă a fost rezolvată cu succes de știință și tehnică.

Alături de zirconiu, hafniul este utilizat în radiotehnică, în tehnica röntgenologică și în industria atomică, dar în proporții mult mai mici. Producția mondială de hafniu a fost în 1959 numai de 30 de tone.

Să facem cunoștință cu încă un cuplu de „gemeni": niobiul și tantalul.

Istoria descoperirii niobiului este foarte interesantă. Adevărații savanți sînt totdeauna mai mult sau mai puțin poeți. Desigur că, în cadrul strict al lucrărilor științifice, această însușire este greu de constatat. Iată însă o scrisoare, scrisă de către un vestit chimist altuia, în legătură cu descoperirea noului element, pe care în prezent îl numim niobiu.

Berzelius către Wöhler:

„Ți-l restitui pe X, pe care l-am interogat cum am putut, dar de la care nu am primit decît răspunsuri evazive. «Ești titan?» — l-am întrebat. — «Wöhler ți-a spus doar că nu sînt titan». Asta am stabilit-o și eu. — «Ești zirconiu?» — «Nu, mi-a răspuns el — doar mă dizolv în sodă... ceea ce nu se întîmplă cu pămîntul de zirconiu». — «Ești staniu?» — «Conțin staniu, dar foarte puțin». — «Ești tantal?» — «Sînt înrudit cu el — mi-a răspuns — dar mă dizolv treptat în potasă caustică și mă depun din ea colorat în galben-brun». — «Păi, atunci, ce creatură diavolească mai ești?» — l-am întrebat — și mi s-a părut că el mi-a răspuns: «Nu mi s-a dat încă nici un nume». În treacăt fie zis, nu sînt pe deplin convins dacă am auzit cu adevărat asta, deoarece el se afla în dreapta mea, iar eu sînt cam tare de urechea dreaptă. Deoarece auzul tău este, desigur, mult mai fin decît al meu, ți-l trimit pe șmecherul acesta ca să-l supui tu unui nou interogatoriu...".

Dacă tantalul a început să fie introdus în tehnică de un timp destul de îndelungat (din tantal se făceau filamentele becurilor electrice pînă a fost înlocuit de wolframul mai ieftin), niobiul a fost multă vreme numai o impuritate dăunătoare a tantalului. Se producea un paradox, unul dintre acelea în care este atît de bogată istoria tehnicii: niobiul este mai răspîndit decît tantalul, dar era obținut în cantități mult mai mici. Mult niobiu era aruncat la haldă în procesul de producție nu numai al tantalului, ci și în acela al staniului. Astfel au fost create de mîna omului adevărate zăcăminte de minereuri de niobiu, care ulterior au început să fie prelucrate.

Niobiul a atras atenția abia acum douăzeci de ani, cînd s-a lămurit influența favorabilă a unor mici adaosuri ale sale asupra oțelului. Dacă în 1936 în întreaga lume existau cu totul 30 de kilograme de metal, producția anului 1943 a atins 1 100 de tone și crește continuu.

Ca și pentru zirconiu, pentru obținerea niobiului și tantalului se poate folosi metoda reducerii sărurilor complexe ale acestor metale cu ajutorul sodiului. Se poate merge și pe drumul deschis de aluminiu: să se electrolizeze amestecul K_2TaF_6 și Ta_2O_5.

Trebuie arătat că, la fel cu titanul și zirconiul, niobiul și tantalul absorb puternic gazele la încălzire. Toate aceste elemente se utilizează ca getteri, aplicîndu-le pe piesele lămpilor de radio. La vidarea acestor lămpi cu ajutorul pompelor de vid, în ele rămîne totuși o cantitate oarecare de gaze, care deranjează funcționarea lor. Getterii, absorbind aceste gaze, asigură un vid foarte înaintat în lămpi. Astfel, la 800°C, tantalul este capabil să absoarbă o cantitate de gaze egală cu de 740 de ori volumul său!

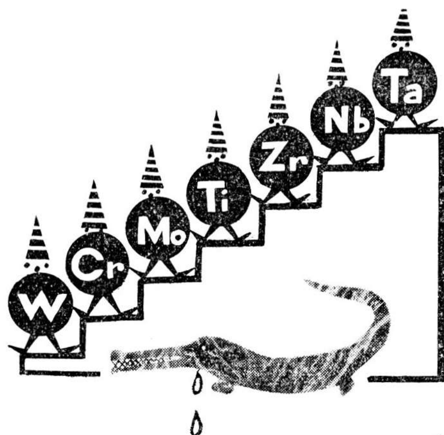
Din cauza acestei proprietăți și din cauza grelei fuzibilități, aceste metale se prelucrează prin metodele metalurgiei pulberilor: pulberea lor se presează și se sinterizează în vid la o temperatură mai joasă decît cea de topire, apoi se forjează, după care se sinterizează din nou și se tratează la rece.

Ce determină valoarea pentru tehnică a celor două metale de care ne ocupăm? Într-un cuvînt: proprietățile, s-ar putea spune, unice ale niobiului și tantalului, în special ale acestuia din urmă.

Nu avem aici posibilitatea să vorbim, nici chiar pe scurt, despre toate aplicațiile variate ale niobiului și tantalului și ale compușilor lor (aceasta se referă, desigur, și la celelalte metale despre care s-a vorbit). De aceea vom pune în evidență acele proprietăți în privința cărora nu au egal.

Desigur, deseori ați auzit cuvîntul „coroziune". Nu întîmplător am amintit despre ea atunci cînd am vorbit despre aproape fiecare metal, deoarece lupta cu coroziunea este una dintre cele mai importante probleme ale tehnicii.

După rezistența lor la coroziune, metalele pot fi rînduite ca în figura alăturată. Trecerea de la fiecare treaptă la treapta următoare înseamnă o uriașă victorie a tehnicii. În vîrful acestei scări se găsește pe bună dreptate tantalul. Apreciați: el nu este atacat de clor și nu se dizolvă în acizi, nici măcar în „apa regală".



Tantalul suportă cu succes încercări extraordinare: la 200°C, în acid azotic de 70%, nu se corodează de loc, iar în acid sulfuric este atacat numai un strat de 0,4 milimetri grosime pe an. Asupra lui nu acționează de loc acizii clorhidric și fosforic și alte substanțe agresive.

Nu este de mirare că în ultimiii douăzeci de ani utilizarea tantalului în industria de utilaj chimic a crescut de 13 ori. La uzinele în care se produce acidul clorhidric, aparatura din tantal funcționează fără reparații timp de peste două decenii.

Niobiul este mai puțin stabil; totuși, pentru unele scopuri e chiar mai util decît tantalul. Este foarte interesant faptul că niobiul este utilizat pentru confecționarea reactoarelor și a conductelor în producția acidului clorhidric nu numai fiindcă este stabil: el și catalizează reacția, astfel încît la trecerea substanțelor prin instalație randamentul în acid clorhidric crește.

Tantalul are încă o „specialitate“ unică — una medicală. El se „încorporează“ minunat în țesuturile vii, de aceea se utilizează plăci din tantal în locul oaselor craniului sau pentru fixarea oaselor la fracturi. În Uniunea Sovietică au fost create aparate pentru sudarea automată a vaselor sangvine. Acestea pot funcționa numai datorită utilizării clemelor din tantal. Cu fire subțiri de tantal se pot coase chiar tendoanele și nervii...

Desigur, toate noile metale sînt deocamdată foarte scumpe. De aceea ele trebuie „diluate“ cu altele obişnuite, mai ieftine.

Împreună cu nichelul, cobaltul, cromul, molibdenul, wolframul, titanul, borul, aluminiul, noile metale dau aliaje minunate cu proprietăţi foarte variate.

Am pornit să vorbim despre noile metale căutînd înlocuitori pentru fier. Este oare necesară o astfel de înlocuire? Acum putem răspunde la această întrebare. Da, şi uneori această înlocuire este nu numai necesară, ci şi posibilă. Fiecare metal, fiecare aliaj, fiecare nou material poate şi trebuie să-şi găsească utilizări. Viitorul aparţine folosirii raţionale a tuturor materialelor.

O FAMILIE ORIGINALĂ

Să căutăm în sistemul periodic elementul lantan. Îl găsim în perioada a șasea, grupa a treia, și are numărul de ordine 57.

Cititorul s-a obișnuit cu faptul că fiecărui element îi corespunde numai o anumită căsuță în tabelul lui Mendeleev. Acum însă dăm de un fenomen neobișnuit: într-o singură căsuță, aceea a lantanului, și-au găsit loc încă 14 elemente: de la ceriu, cu numărul de ordine 58, pînă la lutețiu cu numărul de ordine 71.

De ce oare nu poate fi plasat ceriul în grupa a patra, praseodimul într-a cincea, neodimul într-a șasea ș.a.m.d.? Atunci fiecare element și-ar avea căsuța sa.

Această idee nu este originală. Mendeleev a încercat să meargă pe această cale, dar s-a convins curînd că acest mod de așezare ar contrazice legea periodicității. Să admitem că ceriul ar putea fi plasat în grupa a patra, deoarece în unii compuși el manifestă o valență egală cu patru și este oarecum asemănător cu zirconiul. Elementele următoare însă nu se aseamănă de loc cu niobiul, molibdenul ș.a.m.d.

Pentru toate elementele incluse în căsuța lantanului, valența principală este 3+. Prin urmare, a le așeza unul după celălalt ar însemna a încălca periodicitatea variației proprietăților, potrivit grupelor tabelului lui Mendeleev.

Familia într-adevăr originală a acestor elemente locuiește toată în căsuța lantanului. Spre deosebire de botaniști, chimiștilor nu le place să utilizeze noțiunea de „familie". Însă, pentru caracterizarea elementelor despre care va fi vorba, această denumire este cum nu se poate mai potrivită. Ele alcătuiesc cu adevărat o familie nedespărțită și unită. În natură ele se găsesc în aceleași minerale și minereuri; toate sînt metale, au proprietăți chimice curios de asemănătoare și chiar în practică se utilizează, de regulă, împreună,

ca amestecuri și nu ca reprezentanți individuali. O altă imagine asemănătoare nu se poate întîlni pe întregul cuprins al tabelului periodic[1].

Oamenilor de știință le-au fost necesare multe decenii pentru a explica uimitoarea asemănare a proprietăților acestor metale.

În prezent, elementele la care ne referim, începînd cu ceriul și terminînd cu lutețiul, se numesc lantanide. În manuale ele sînt tratate împreună cu lantanul. Un alt nume al celor 15 gemeni este cel de elemente ale pămînturilor rare. Acesta provine de la vechea denumire de „pămînturi rare". Oamenii de știință din trecut denumeau „pămînturi" unii oxizi, de exemplu oxidul de calciu, de magneziu și de bariu. Elementele pămînturilor rare au fost cunoscute timp îndelungat sub formă de oxizi — „pămînturi". Deoarece se considera că mineralele care le conțin sînt foarte puțin răspîndite în natură, „pămînturilor" li s-a adăugat epitetul de „rare".

Și astfel s-a ajuns la „pămînturile rare". Ele au dat oamenilor de știință foarte multă bătaie de cap. Istoria lor este de altfel cea mai complicată și încurcată din toată chimia anorganică.

Enigma pămînturilor rare

În 1787, Carl Arrhenius, locotenent în armata suedeză, pasionat după mineralogie, a remarcat într-o carieră părăsită din apropierea orașului Ytterby un mineral negru încă necunoscut. După șapte ani, proba găsită a nimerit în mîinile cunoscutului chimist finlandez Gadolin. Savantul a stabilit că proba, pe lîngă oxizii de beriliu, de siliciu și de fier, conține în proporție de circa 38% oxidul unui element necunoscut, — un „pămînt nou". El l-a denumit „de ytriu". În 1803 marele chimist suedez Berzelius a găsit în alt mineral un al doilea pămînt rar, „de ceriu".

Cei doi noi reprezentanți — ytriul și ceriul — au completat lista elementelor. Timp îndelungat ei nu au stîrnit un

[1] În ultimii ani, afară de „familia" lantanidelor se mai consideră că există și familia „actinidelor", a elementelor începînd cu toriul (nr. 90) și terminînd cu lawrenciul, elementul 103 *(N.t.)*.

interes deosebit, pînă în 1839, cînd Mosander, elevul lui Berzelius, a început cercetări amănunțite asupra acestor pămînturi.

Și atunci au ieșit la iveală lucruri uimitoare. S-a dovedit că ceriul și ytriul, care erau considerate corpuri simple, sînt un amestec de cîteva elemente. Mosander separă ceriul în lantan și didim, ytriul în terbiu și erbiu. Toate se asemănau între ele ca două picături de apă. Istoria descoperirii elementelor încă nu cunoscuse un caz asemănător și oamenii de știință au devenit atenți: oare nu este vorba de o greșeală?

Nu era însă atît de simplu de răspuns la această întrebare. Chimiștii nu aveau la dispoziție metode suficient de precise pentru a controla puritatea pămînturilor separate. Nici unul dintre cercetători nu puteau să afirme cu siguranță că pămîntul rar obținut de el nu conține în realitate impurități. Îndoiala pusese stăpînire pe mințile oamenilor de știință și a fost îndepărtată numai după ce Bunsen și Kirchhoff au elaborat bazele și tehnica analizei spectrale.

„Fiecare element chimic are un spectru al său, caracteristic numai lui", — această regulă părea că îndepărtase toate neplăcerile. Descoperirile lui Mosander au căpătat o confirmare sigură. Toate cele șase pămînturi rare și-au cucerit dreptul de cetățenie.

Iată însă că intervine anul 1869. Mendeleev formulează legea periodicității și construiește „sistemul natural al elementelor". Desigur, nu totul este neted în acest sistem, și în special nu este de loc clar ce e de făcut cu elementele pămînturilor rare.

Încă de pe timpul lui Berzelius, ele erau considerate ca bivalente și formula oxizilor lor se nota MeO; numai pentru ceriu care are un grad superior de oxidare, se admitea existența oxidului Ce_3O_4. În a doua grupă a tabelului lui Mendeleev nu exista însă nici un loc liber. Se reliefează primejdia principalei „stînci submarine" a sistemului periodic. Avalanșa contradicțiilor amenință să facă praf însăși ideea periodicității variației proprietăților chimice a elementelor în funcție de greutatea atomică. Cu toate acestea, Mendeleev, sigur de justețea descoperirii sale, emite o ipoteză îndrăzneață: pămînturile rare sînt trivalente, iar ceriul are în plus și o valență egală cu 4. Această ipoteză și-a găsit în curînd confirmarea incontestabilă. În sfîrșit, Mendeleev schimbă cu îndrăzneală valorile reduse ale greutăților atomice ale ele-

mentelor pămînturilor rare, și aici din nou se confirmă dreptatea lui. S-ar părea că problema este rezolvată.

Nu, lucrurile sînt făcute numai pe jumătate! Ytriul și lantanul se încadrează ușor în grupa a treia. Ceriul, fiind tetravalent, își găsește locul într-a patra. Care este însă situația cu celelalte? În ce-l privește pe didim, se constată că este străin de grupa a cincea, deoarece nu se aseamănă de loc cu niobiul, iar încercările de a se obține oxidul lui superior, Di_2O_5, nu au succes. Despre erbiu și terbiu se știe numai că sînt trivalente, chimia lor fiind în general aproape nestudiată. De fapt „stînca submarină“ rămîne pe loc.

Anii trec și duc la descoperirea unor noi elemente. Didimul lui Mosander se dovedește a fi de fapt un amestec. În 1879 Lecoq de Boisbaudran extrage din el samariul; în 1885 Auer von Welsbach îl separă în încă doi componenți praseodimul și neodimul. Apar pe lume yterbiul, gadoliniul, holmiul, tuliul...

Părerea foarte răspîndită că fiecare bandă din spectrul de absorbție corespunde unui element reprezintă un rezultat al ploconirii necritice în fața analizei spectrale. Și astfel „iau naștere“, ca ciupercile după ploaie, noi și noi, pămînturi rare. În numai opt ani, din 1878 pînă în 1886, s-au descoperit circa 50, dintre care 23 au căpătat denumiri diferite, iar pentru rest „n-au mai fost de ajuns denumirile“: s-a recurs la notarea prin litere cu indici.

Pe drept cuvînt a spus chimistul francez Urbain, vorbind despre această epocă atît de confuză în domeniul pămînturilor rare: „S-a obținut o bogăție imaginară, bazată pe faptul că erorile predominau, iar adevărul se îneca în ele“.

Adevărul înecat trăgea însă la fund întregul sistem periodic. Cum să se repartizeze nenumăratele elemente noi ale pămînturilor rare? Cum să se explice pe baza legii periodicității asemănarea extraordinară a proprietăților lor? Și, în general, cîți sînt cu totul acești supărători gemeni? Te pomenești că într-adevăr sînt „fără număr“?

Aceste întrebări îi frămîntau pe oamenii de știință. Unii dintre ei erau de părere să se pună cruce legii periodicității, alții cereau o modernizare a tabloului elementelor. Poate că pămînturile rare nu se încadrează într-un tablou plan... și astfel au apărut tot felul de construcții tridimensionale, conuri, cilindri, spirale. Din păcate însă, ele doar mascau problema, creau o aparență de rezolvare, dar în realitate nu o soluționau.

Exploratorii „continentului pămînturilor rare“ se străduiau cu perseverență, pas cu pas, „să extragă“ adevărul din mulțimea de erori. S-a constatat că analiza spectrală nu este chiar atît de infailibilă: chiar și cele mai mici impurități într-un element pot perturba ordinea liniilor din spectre. Urbain a introdus metoda magnetochimică de analiză, bazată pe diferența în ce privește mărimile sensibilității magnetice a pămînturilor rare. Obținerea cîtorva metale ale pămînturilor rare în stare pură a permis să se studieze mai bine chimia lor. În 1913 au fost recunoscute ca elemente individuale lantanul, ceriul, praseodimul, neodimul, samariul, europiul, gadoliniul, terbiul, disprosiul, holmiul, erbiul, tuliul, yterbiul și luteţiul. Ce ne garantează însă că vreunul dintre ele nu este complex? Motivul asemănării proprietăților acestor elemente a rămas neclarificat.

În ceea ce privește locul elementelor pămînturilor rare în sistemul periodic, părerile oamenilor de știință erau foarte diferite. Cel mai aproape de adevăr s-a dovedit a fi în 1901 chimistul ceh Bohuslav Brauner, un prieten al lui Mendeleev. Brauner a ajuns la concluzia că elementele pămînturilor rare trebuie așezate într-o grupă specială, care trebuie plasată în mijlocul sistemului periodic, într-o căsuță mare, ca o continuare a grupei a patra, începînd cu ceriul și terminînd cu un element, pe atunci încă necunoscut, care se găsea în stînga tantalului. După părerea lui Brauner, între ceriu și tantal nu puteau să mai fie alte elemente în afara pămînturilor rare.

Ideea chimistului ceh nu era însă decît o ipoteză încă neconfirmată și lipsită de o fundamentare științifică riguroasă. Puțini dintre oamenii de știință i-au dat importanță: pe vremea aceea nimeni nu bănuia cît de aproape de adevăr era Brauner. El n-a putut duce pînă la capăt rezolvarea acestei probleme, căci în această privință chimia era neputincioasă. Cuvîntul hotărîtor l-a avut aci fizica.

Lucrurile se clarifică

În 1913 tînărul fizician Moseley studia spectrele Röntgen ale elementelor. El a reușit să stabilească o regulă interesantă: cu ajutorul lungimii de undă a radiației Röntgen a unui element se poate determina numărul de ordine al

acestuia în tabelul lui Mendeleev. Astfel, ordinea elementelor stabilită de Mendeleev a fost confirmată de fizică. Legea periodicității a căpătat un sens nou: la baza legii lui Mendeleev stă numărul de ordine al elementului, egal cu sarcina nucleului atomului său, nu greutatea atomică, ca înainte.

După descoperirea lui Moseley a devenit clar că chimiștii stabiliseră cît se poate de just seria elementelor pămînturilor rare. Ele s-au dovedit a fi în număr de 15 — de la lantan la lutețiu. În afară de aceasta, în lista elementelor s-au remarcat două „locuri goale", corespunzătoare cu două elemente încă nedescoperite. Unul dintre acestea, cu numărul de ordine 61, era situat între neodim și samariu; celălalt, cu numărul 72, era același element „de la stînga tantalului" despre care vorbea Brauner.

Motivul pentru care proprietățile pămînturilor rare erau atît de apropiate rămînea însă neclar, ca și poziția lor în sistemul periodic. Trebuia să se lămurească dacă elementul 72 face parte dintre pămînturile rare sau nu. Și, în sfîrșit, stîrnea mirare faptul că nu fusese încă descoperit elementul 61.

Nu vom vorbi aici despre problema elementului 61: acesta are o „biografie" foarte complexă și foarte originală; cititorul o va cunoaște din capitolul privitor la elementele obținute pe cale artificială.

În primul rînd trebuia lămurită natura elementului 72. Putea fi tot așa de bine un analog al zirconiului sau un membru al familiei pămînturilor rare. Oamenii de știință trebuiau să precizeze cîte elemente ale pămînturilor rare sînt în total: 15 sau 16?

Ce sînt lantanidele ?

Să ne întoarcem din nou la sistemul periodic și să analizăm perioada a doua și a treia. Ele încep de la metalele alcaline litiu și, respectiv, sodiu și se termină cu gazele inerte — neonul și argonul —, fiind alcătuite fiecare din cîte opt elemente. În aceste perioade proprietățile variază mult de la un element la altul.

Perioadele următoare, a patra și a cincea, sînt alcătuite din cîte 18 elemente fiecare, și o deosebire mare în pro-

prietăți se manifestă numai la elementele inițiale și finale; la mijloc, această deosebire este oarecum atenuată.

Atunci cînd Mendeleev a creat vestitul său tabel, el nu putea decît să admită acest fenomen ca un fapt. Fundamentarea modernă, fizică a sistemului periodic permite însă să i se dea o explicație limpede.

Să ne amintim unul dintre postulatele fundamentale ale chimiei: proprietățile chimice ale elementelor depind de structura învelișurilor electronice exterioare ale atomilor lor.

Să ne amintim mai departe că, potrivit teoriei lui Niels Bohr, completarea învelișurilor electronice ale atomilor nu se produce în dezordine, ci într-o anumită succesiune. Fiecare dintre ele are o anumită „capacitate". Astfel învelișul cel mai apropiat de nucleu, învelișul *K*, poate să conțină doi electroni, următorul *L*—8, *M*—18, *N*—32, *O*—50 ș.a.m.d.

La prima privire s-ar putea părea că completarea acestor strate se produce succesiv: „s-a saturat" să zicem stratul *L*, se completează pînă la capacitatea totală stratul *M*. În realitate, totul se desfășoară mai complicat și numai primele două strate, *K* și *L*, se completează pe rînd cu numărul necesar de electroni.

Fizicienii disting în fiecare strat, începînd cu *L*, și așa-numitele substrate. Ele se notează cu literele *s*, *p*, *d* și *f* și au de asemenea o capacitate determinată. Astfel, substratul *s* nu poate conține mai mult de 2 electroni, *p*—6, *d*—10 și *f*—14.

Să amintim acum cititorului cum se produce completarea stratelor.

La elementele primei perioade a tabelului lui Mendeleev se completează stratul *K* (2 electroni), la a doua *L* (8 electroni). În a treia perioadă apare stratul *M*, însă acesta nu se completează pînă la sfîrșit, ci numai pînă la 8 electroni. În perioada a patra vine rîndul stratului *N* (potasiu și calciu). Dar încă de la scandiu electronul următor trece în stratul *M*, necompletat înainte. Acest proces se produce pînă la zinc, deoarece stratul *M* are capacitatea de 18 electroni. De aceea la 10 elemente ale perioadei a patra, de la scandiu la zinc, stratul exterior (*N*) rămîne neschimbat. Deoarece la acestea se completează substratul *d* al stratului M, aceste elemente poartă uneori denumirea de elemente *d* (elemente *3d*, deoarece se completează stratul al treilea). În mod ase-

mănător, în perioada a cincea pot fi separate elementele $4d$ ş.a.m.d.

Aici se poate ilustra bine felul cum, de-a lungul perioadelor lungi ale tabelului lui Mendeleev, variaţia proprietăţilor elementelor se desfăşoară într-un mod simţitor deosebit de perioadele scurte. În cele scurte (litiu — neon, sodiu — argon), fiecare element se deosebeşte considerabil de vecinii săi cei mai apropiaţi. Lucru lesne de înţeles, deoarece la elementele perioadelor scurte stratul exterior variază continuu. În perioadele lungi, la elementele *d*, stratul exterior este unul şi acelaşi; electronii următori intră în stratul anterior. Acesta, după cum se ştie, are o influenţă cu mult mai mică asupra proprietăţilor chimice. De aceea diferenţa la elementele *d* în ce priveşte proprietăţile nu este atît de marcată.

Elementele pămînturilor rare se găsesc în perioada a şasea. La lantan (nr. 57), electronul nou apărut se integrează în stratul *O*, de aceea lantanul este un element *d* tipic, iar la ceriu (nr. 58) electronul respectiv nimereşte chiar în stratul *N*, al treilea de la margine, în substratul *f*, cu capacitatea de 14 electroni. Prin urmare, formarea acestui substrat se termină la elementul cu numărul de ordine 71, adică la luteţiu; de aceea elementul 72 nu mai este un pămînt rar, ci un analog al zirconiului, şi la acesta continuă completarea substratului $5\ d$.

Descoperirea elementului hafniu a permis să se constate că aşa se şi petrec lucrurile în realitate.

Astfel a fost rezolvată enigma pămînturilor rare. Apropierea proprietăţilor lor se explică prin identitatea de structură a celor două strate electronice exterioare ale atomilor, şi anume a acelora care au o influenţă hotărîtoare asupra proprietăţilor chimice. De aceea ele sînt situate în tabelul lui Mendeleev în grupa a treia (şi nu într-a patra, după cum a presupus Brauner), în căsuţa lantanului.

Cititorul atent a remarcat desigur că, deşi vorbind despre elementele pămînturilor rare am început cu pămîntul ytriu, ulterior n-am mai amintit despre ytriu. Acesta nu intră în familia pămînturilor rare în sensul modern al acestei noţiuni, însă în ceea ce priveşte proprietăţile se aseamănă cu membrii ei, datorită mărimii apropiate a razei atomice; în particular, se întîlneşte în natură în aceleaşi

minereuri și minerale în care se găsesc și elementele pămînturilor rare.

Deoarece s-a amintit de minereurile și mineralele pămînturilor rare, să încercăm să ne convingem dacă cele 15 elemente ale sistemului periodic sînt chiar atît de rare cum s-a considerat timp îndelungat.

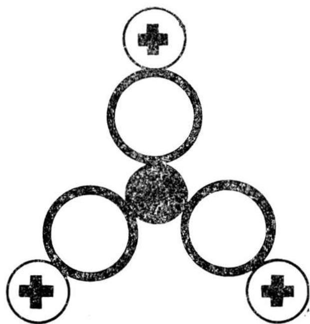
Într-adevăr, la început s-au cunoscut numai puține asemenea minerale, ceea ce făcea ca oamenii de știință să utilizeze pe bună dreptate termenul de „pămînturi rare". La începutul secolului nostru însă, numărul mineralelor pămînturilor rare descoperite se ridicase la cîteva zeci. În deceniul al treilea, datele privind gradul de răspîndire a elementelor chimice în scoarța Pămîntului au fost revizuite de savanții sovietici V.I. Vernadski și A.E. Fersman și de savantul german V.M. Goldschmidt. Această revizuire s-a dovedit a fi cu adevărat revoluționară. Cifrele au arătat că lantanidele se găsesc în scoarța pămîntească în cantitate de două ori mai mare decît staniul, de 10 ori mai mare decît plumbul, de 320 ori mai mare decît antimoniul, de 1 600 ori mai mare decît argintul, de 2 500 ori mai mare decît mercurul, de 3 200 ori mai mare decît aurul, toate elemente binecunoscute încă de mult.

În prezent se cunosc aproape 250 de minerale care conțin lantanide, și această cifră este, desigur, departe de limită. Lantanidele sînt, așadar, elemente cu un grad mediu de răspîndire. Aceste elemente, în afară de prometiu, au fost remarcate în spectrele Soarelui și ale multor stele, uneori în cantități foarte însemnate. Metalele pămînturilor rare se găsesc și în meteoriți.

O familie prea unită...

La prima vedere, proprietățile lantanidelor nu prezintă nimic special; caracteristica lor unică este asemănarea lor. Elementele pămînturilor rare sînt toate trivalente, toate sînt metale. Hidroxizii lor sînt baze destul de tari, a căror tărie scade treptat de la lantan la lutețiu, din cauza descreșterii razei ionilor o dată cu creșterea sarcinii nucleului.

Într-adevăr, hidroxizii elementelor pămînturilor rare pot fi reprezentați schematic în modul următor:



Cercul negru din centru este ionul metalului pămîntului rar Me^{3+}; cercurile mari sînt ionii de oxigen; cercurile mici albe cu semnul + sînt ionii de hidrogen. Atunci cînd raza Me^{3+} scade, lucrurile se petrec ca și cum i s-ar fi mărit sarcina (ca urmare a creșterii sarcinii nucleului). De aceea în seria lantanidelor forțele de atracție dintre ionul pămîntului rar și ionul de oxigen cresc. Atracția dintre O și H rămîne constantă. Aceasta înseamnă că cu cît sarcina nucleului unui element al pămînturilor rare este mai mare, cu atît este mai greu de despărțit din hidroxidul acestuia grupa oxidril (OH).

Pentru a separa elementele pămînturilor rare sînt necesare eforturi într-adevăr eroice. Există multe metode de separare, dar ele se reduc în special la utilizarea diferențelor de alcalinitate a metalelor sau de solubilitate a sărurilor lor. Pentru a obține un preparat oarecare în stare pură, e nevoie uneori de multe luni; întreaga lucrare, de exemplu în procedeul de cristalizare fracționată, constă în repetarea de nenumărate ori a aceleiași operații.

În zilele noastre au apărut metode noi de separare.

Una dintre ele este cromatografia pe schimbători de ioni, care se bazează pe utilizarea unor rășini speciale — cationiți și anioniți.

Altă metodă se bazează pe utilizarea valențelor anormale ale elementelor pămînturilor rare, valențe diferite de trei. Proprietățile lantanidelor în stare tetra- sau bivalentă se deosebesc destul de mult de cele ale unui lantanid trivalent obișnuit. În prezent, pe această deosebire de proprietăți se bazează cîteva procedee eficiente de separare a diferitelor metale.

Din nou originalitate

La Expoziția mondială din 1900 de la Paris puteau fi văzuți, printre alte exponate, oxizi foarte puri ai unor elemente ale pămînturilor rare. Aceasta era o mare realizare

a chimiei anorganice. Dar, la întrebarea la ce sînt folosiți acești oxizi, serviabilii ghizi dădeau un răspuns uniform: „numai în sitele becurilor de gaz!". Persoanele din generația mai în vîrstă mai țin minte așa-numitele becuri sau site Auer. Chimistul austriac Auer von Welsbach dovedise că, dacă se adăuga numai 1 % de bioxid de ceriu la materialele din care se confecționau sitele becurilor de gaz cu incandescență, aceasta mărea cu mult intensitatea luminii lor.

Lumina palidă a iluminării cu gaz a fost primul fulger în domeniul utilizării elementelor pămînturilor rare. În zilele noastre, puține dintre elementele întîlnite în natură se deosebesc printr-o gamă atît de vastă de utilizări ca lantanul și lantanidele.

Să începem cu metalurgia.

Calitatea oțelurilor și a fontei depinde mult de prezența oxigenului, a fosforului, azotului și sulfului. Acestea sînt impurități dăunătoare: ele măresc fragilitatea și casanța, reduc rezistența la uzură a obiectelor metalice. Aceste impurități trebuie îndepărtate prin toate mijloacele, și un ajutor neprețuit îl dau elementele pămînturilor rare, care reacționează cu metaloizii. La cald ele absorb numeroase impurități, îmbunătățind astfel considerabil calitatea oțelurilor și a fontelor.

Lantanidele se utilizează pentru alierea diferitelor oțeluri spre a le da multe proprietăți prețioase: crește gradul de forjabilitate, rezistența la căldură și la coroziune.

Elementele pămînturilor rare sînt larg utilizate, în special ceriul, în producția aliajelor pirofore. Ele se utilizează în pietrele pentru brichete, în diferite dispozitive de aprindere, cartușe, obuze.

Lantanidele au și o întrebuințare analogă cu aceea a aluminiului în aluminotermie, care constă în reducerea oxizilor diferitelor metale cu ajutorul pulberii de aluminiu. Ceriul și însoțitorii săi sînt reductori și mai energici decît aluminiul. Se deschid perspective interesante pentru obținerea în stare pură a niobiului, zirconiului, cobaltului, nichelului, cromului, manganului, ytriului, wolframului, uraniului prin metodele lantanidotermiei.

Elementele pămînturilor rare îmbunătățesc mult calitățile diferitelor metale și aliaje. Astfel, aliajele de magneziu, cu toate calitățile lor, prezintă un neajuns esențial: pot „lucra" la temperaturi de cel mult 150°C. Adaosurile de ceriu, neodim și praseodim măresc limita de temperatură cu 100°C.

Un adaos de numai 0,2% ceriu îmbunătățește mult proprietățile mecanice ale cuprului. Adăugarea a 2% metale ale pămînturilor rare în aliajele de nichel și de cobalt mărește rezistența lor la temperaturi înalte și rezistența la oxidare la temperaturi înalte.

Aliajul de magneziu cu gadoliniu se deosebește prin caracteristici magnetice unice, magnetizîndu-se foarte ușor și puternic.

De neînlocuit sînt elementele pămînturilor rare și în industria chimică. Ele se utilizează drept catalizatori sau promotori (adaosuri la catalizatori care îmbunătățesc acțiunea acestora).

Oxidul de praseodim catalizează oxidarea amoniacului la temperaturi joase. Prezența ionilor de ceriu accelerează oxidarea electrochimică a anilinei în chinonă. Sulfații numeroaselor lantanide sînt catalizatori buni pentru oxidarea SO_2 în SO_3.

Adăugarea de oxid de lantan la catalizatorul $MgO + SiO_2$ mărește de aproape două ori cifra octanică a produșilor obținuți prin cracarea motorinei.

Elementele pămînturilor rare se utilizează pentru producția lacurilor și vopselelor, în special a coloranților pentru porțelan. Oxizii și compușii lantanidelor fac ca acestea să capete nuanțe de culori dintre cele mai variate. Unele săruri de ceriu în cantități mici favorizează uscarea rapidă a lacurilor și păstrarea transparenței peliculelor de-a lungul unei perioade îndelungate.

Trecînd la producția sticlei, a materialelor ceramice și abrazive, sîntem din nou martorii pătrunderii active a elementelor pămînturilor rare.

Numeroase sticle industriale incolore se caracterizează printr-un grad redus de transmisiune a luminii. Aceasta se explică prin conținutul în sticlă în special a compușilor fierului bivalent. Este suficient ca fierul să fie trecut în formă trivalentă pentru ca transparența să crească de zece ori. Bioxidul de ceriu este un oxidant puternic. Adăugarea lui la masa de sticlă asigură trecerea celei mai mari părți a fierului în formă „incoloră". Sticlele care conțin cel mult 1% CeO_2 au capacitatea de a nu pierde transparența la o iluminare solară îndelungată sau în urma acțiunii radiațiilor Röntgen și radioactive. Aceste sticle găsesc o utilizare importantă în confecționarea blocurilor transparente protectoare în tehnica nucleară. Sticlele cu adaos de pămînturi

rare au o capacitate mai bună de a absorbi razele ultraviolete. Cele din silicați de bor, care conțin La_2O_3, au indici de refracție foarte mari. Sînt interesante încercările de a crea sticle pe baza sistemului de oxizi $Li_2O-La_2O_3-SiO_2$, care deci să nu conțină metale alcalino — pămîntoase obișnuite. Aceste sticle sînt foarte rezistente și sînt bune conducătoare de electricitate.

Și în ceramică și-au găsit utilizare elementele pămînturilor rare. Sulfura de ceriu se utilizează pentru confecționarea unor creuzete speciale, care suportă o temperatură pînă la 1 800°C.

Un amestec al oxizilor de lantanide reprezintă un material abraziv minunat pentru polizarea sticlei și se numește polirit. Poliritul are capacitatea de polizare de două ori mai mare decît a celor mai bune dintre materialele asemănătoare cunoscute înainte. În afară de aceasta, utilizarea poliritului mărește mult viteza de polizare.

Electrotehnica, radiotehnica, electronica!

Și aici elementele pămînturilor rare se simt „acasă la ele". Fluorurile de ceriu se utilizează pentru confecționarea electrozilor lămpilor cu arc și a proiectoarelor. Este suficient să se adauge la o sîrmă de nicrom a aparatelor de încălzire obișnuite o cantitate mică de metale ale pămînturilor rare pentru ca termenul de folosire a acesteia să crească mult. În tuburile electronice, lantanidele sînt getteri admirabili — absorbanți de gaze. Oxidul de ceriu, atotprezent în amestec cu oxidul de titan este un dielectric foarte bun, iar în combinație cu oxidul de stronțiu se utilizează pentru prepararea unor materiale noi, așa-numite radioceramice.

Elementele pămînturilor rare „sînt bine cotate" în industria textilă și de pielărie. Sărurile de ceriu sînt necesare pentru vopsirea pieilor, ca decapant pentru coloranții alizarinici. Sărurile lantanidelor fac produsele textile și țesăturile tehnice impermeabile la apă și rezistente la acțiunea soluțiilor și a vaporilor de acizi.

În sfîrșit, în agricultură sărurile unor elemente ale pămînturilor rare se utilizează pentru lupta cu insectele dăunătoare și ca microîngrășăminte.

O vorbă bună despre lantanide vor spune și medicii. Se cunosc multe medicamente care conțin elemente ale pămînturilor rare și care se utilizează pentru tratamentul tuberculozei, eczemelor, reumatismului. Unele săruri ale pămîn-

turilor rare împiedică coagularea sîngelui, ceea ce le face prețioase pentru conservarea lui.

Toate acestea nu reprezintă nici pe departe o enumerare completă a „faptelor bune" ale elementelor pămînturilor rare.

Noi însă o vom continua puțin. Chiar dacă aceste domenii de utilizare ale lantanidelor încă nu au ieșit dintre pereții laboratoarelor, ele sînt foarte interesante.

Avem în vedere proprietățile magnetice unice ale elementelor pămînturilor rare, în special ale disprosiului. Atragem atenția cititorului asupra unor săruri astăzi destul de obișnuite — sulfatul sau clorura de gadoliniu. S-a constatat că acești compuși se pot utiliza pentru obținerea temperaturilor ultrajoase. Sărurile de gadoliniu sînt foarte puternic paramagnetice. Dacă sînt introduse într-un spațiu izolat, umplut cu heliu și se apropie de ele un cîmp magnetic, aceste săruri se încălzesc. Heliul absoarbe căldura și apoi se evacuează, cîmpul magnetic se deconectează. Acum sarea se răcește sub temperatura inițială. Ciclul se repetă de multe ori. Astfel se poate obține o temperatură foarte apropiată de zero absolut.

În sfîrșit, dezvoltarea tehnicii nucleare a deschis lantanidelor noi domenii de utilizare. Samariul, europiul și gadoliniul se deosebesc prin capacitatea foarte înaltă de a absorbi neutroni și de aceea se utilizează ca materiale pentru barele de reglare în reactoarele nucleare.



METALELE PREȚIOASE

În bogata și variata împărăție a metalelor există încă o pleiadă remarcabilă, de care este strîns legată nu numai istoria chimiei, ci întreaga istorie a omenirii. Reprezentanții acestei pleiade sînt situați în două grupe separate ale sistemului periodic: în prima și în a opta. După cum se vede, o distanță uriașă, căci apartenența la grupe diferite dovedește existența unor deosebiri fundamentale în ce privește proprietățile chimice de bază.

Regele metalelor : aurul

Din timpuri imemoriale privirea omenească era atrasă de frumusețea rară a acestui metal unic în felul său. Strălucirea lui îți amintea fără să vrei de strălucirea fierbinte a Soarelui. Nu degeaba alchimiștii îi atribuiau o legătură magică cu astrul zilei.

Fără îndoială că oamenii prețuiesc aurul nu numai pentru frumusețea lui. Încercați să găsiți alt metal atît de forjabil și de ductil. Meșteșugul de a face din aur foi deosebit de subțiri a fost cunoscut încă de strămoșii noștri îndepărtați. Dacă vă amintiți, el este amintit încă de Homer.

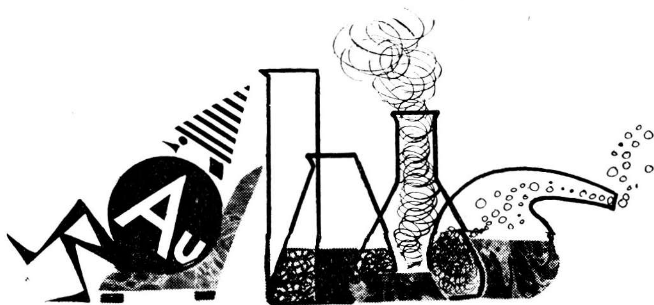
K. Marx arată că aurul a fost, în esență, primul metal descoperit de om. Este interesant că aurul, înainte de a deveni un obiect de lux, era utilizat împreună cu cuprul pentru confecționarea de armament și de obiecte casnice. Săpături arheologice întreprinse în Danemarca au arătat că în antichitate oamenii economiseau nu aurul, ci fierul, care era mult mai rar. Numai după ce au fost descoperite alte metale și au apărut procedee de prelucrare a acestora,

aurul a căpătat autoritate, a devenit puternic. Abia cu mult mai tîrziu a apărut el în rolul de bani.

Dar oare numai proprietățile fizice au favorizat transformarea aurului într-un metal prețios?

Indiferent cîți ani ar sta aurul în aer, el nu ruginește, nu-și pierde minunatul său luciu. Aurul este inaccesibil pentru oxidanți nu numai în condiții obișnuite. La căldură mare, chiar în stare topită (aurul se topește la temperatura de 1 063°C), el tot nu cedează atacurilor oxigenului.

Acizii cei mai agresivi nu pot învinge calmul olimpian al regelui metalelor. O excepție reprezintă amestecul din trei părți acid clorhidric și o parte acid azotic — „apa regală".



Printre ceilalți dizolvanți se pot aminti numai două amestecuri de acizi: sulfuric și manganic, sulfuric și azotic, precum și acidul selenic fierbinte. Aceasta este totul. În ceea ce privește alcaliile, acestea nu corodează aurul în nici un fel de împrejurări. Tocmai la această „lene" chimică se gîndește chimistul atunci cînd numește aurul metal prețios.

Substanțele care reacționează direct cu aurul pot fi numărate pe degete. Ele nici nu se întîlnesc, de regulă, în viața obișnuită a omului. De exemplu, halogenii. Atunci cînd o granulă de aur pătrunde în apa de clor, după un timp oarecare dispare. Evaporați soluția pînă la uscare și veți vedea pe fundul capsulei cristale verzi. Aceasta este clorura de aur. Cu toate că aurul se combină fără greutate în prezența umidității cu clorul, bromul și iodul, el poate fi separat și mai ușor din sărurile formate. Un flacon cu o soluție de clorură de aur, dacă stă la lumină, se acoperă după un timp oarecare pe dinăuntru cu o depunere subțire de metal prețios.

Și mai ușor se combină aurul cu mercurul. Este destul să nimerească pe un obiect de aur cîteva picături de mercur pentru ca pe suprafața galbenă-lucioasă să apară imediat o pată cenușie palidă. Este amalgamul — aliajul aurului cu mercurul.

Extracția aurului este ușurată prin faptul că, din cauza inerției lui chimice, el se întîlnește pe Pămînt, de regulă, numai în stare nativă. Deseori se găsesc pepite în greutate de zeci de kilograme. Aur există și în apa de mare, însă sub formă de săruri. Fiecare 20 de tone de apă din mările polare conțin circa 1 miligram de aur. În cantități microscopice aurul a fost identificat de asemenea în țesuturile și sîngele organismelor vii.

Zăcămintele de aur ale Pămîntului încă nu au fost nici pe departe epuizate, cu toate că în decursul mileniilor omul a strîns, bob cu bob, munți întregi de aur. La ce este folosit? Oare numai sub formă de monedă, de tezaure sau ca material pentru confecționarea podoabelor? Nu există oare alte căi de utilizare a lui?

În zilele noastre, aurul este utilizat cu succes în medicină, în special în tehnica dentară. Compușii aurului măresc capacitatea de apărare a organismului, fapt utilizat în tratamentul tuberculozei. Izotopii radioactivi ai aurului ajută medicul în lupta contra tumorilor maligne ale creierului.

Aurul metalic este cel mai moale dintre metalele prețioase. Aceasta reprezintă și un avantaj, și un dezavantaj. El se roade foarte ușor. De exemplu, pe vremea cînd erau în circulație monede de aur, la fiecare sută de ani se pierdea circa o cincime a metalului prețios ca urmare a frecării și uzurii. Aceasta a făcut ca oamenii să nu mai folosească aur pur, ci aliajele sale cu diferitele metale: cupru, argint, platină. Sub această formă aurul este utilizat pentru confecționarea aparaturii chimice și în electrotehnică.

Metalul lunar

Dacă în ochii alchimiștilor aurul întruchipa Soarele, argintul corespundea astrului nostru nocturn — Luna. În lucrările lor așa și notau alchimiștii argintul: printr-un corn subțire, semnul Lunii. Nu e greu de înțeles de ce. Argintul chimic pur în lingouri are o culoare albă frumoasă cu nuanță

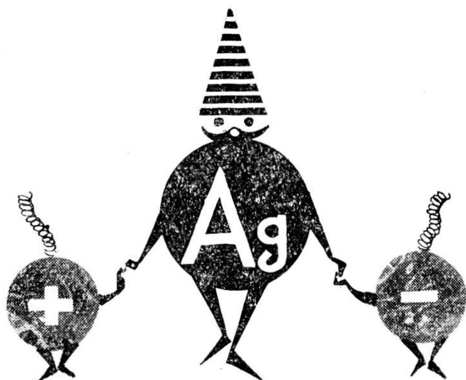
gălbuie — aidoma ca discul lunar. În foi subțiri, iluminate prin transmisiune, pare albăstrui sau verzui. După cum se vede, trebuie recunoscut că alchimiștii au ales reușit analogiile — cel puțin cele ale culorilor — dintre corpurile chimice și cele cerești.

Argintul este destul de moale, cu toate că este mai dur decît aurul. Se forjează la fel de ușor, se laminează și se întinde. Temperatura de topire a argintului este mai mică: 950,5°C. La temperatură mai înaltă, el formează vapori de o frumoasă culoare verzuie și se poate distila ca și apa. Trecînd din stare lichidă în solidă, el se dilată.

Din cauză că este moale, argintul nu se utilizează în stare pură. Aliajele de argint servesc pentru obținerea unor materiale și acoperiri rezistente la uzură. Cu aurul, argintul se aliază în toate proporțiile. Aliajele de cupru sînt mai rezistente, se rod mai puțin, și de aceea numai sub această formă este utilizat argintul pentru baterea monedelor, medaliilor, insignelor etc. De altfel prezența cuprului face ca obiectele de argint să fie mai sonore.

Argintul conduce căldura și curentul electric mai bine decît toate celelalte metale. Iată de ce o parte însemnată a argintului se consumă în industria electrică pentru confecționarea contactelor.

În ceea ce privește proprietățile chimice, argintul amintește aurul. El este situat în aceeași primă grupă a sistemului periodic. Ca și aurul, argintul este monovalent. El



este mai puțin pasiv din punct de vedere chimic decît aurul și, s-ar putea spune, tocmai de aceea mai puțin „prețios". Argintul se combină ușor cu clorul, arsenul, antimoniul și alte elemente.

Cu oxigenul însă, argintul nu reacționează la nici o temperatură. Este adevărat că la topirea în aer el absoarbe o cantitate însemnată de oxigen: pînă la 22 cm^3 la fiecare mm^3 de topitură. La răcirea topiturii însă, oxigenul părăsește din nou metalul. Se produce un fenomen interesant, care amintește erupția vulcanilor. Pe suprafața metalului întărit se formează o coajă. Pe această coajă, din timp în timp, apar niște mici protuberanțe din care, ca din craterul unui vulcan, iese oxigenul încălzit, antrenînd cu sine picături de metal.

Se știe că așa-numita „apă sfințită" nu-și pierde niciodată prospețimea chiar la păstrare îndelungată. Desigur că aceasta se explică nu prin amestecul unor „forțe supranaturale", ci pur și simplu prin faptul că apa se păstrează în vase de argint. Argintul distruge microorganismele, care fac ca apa stătută obișnuită să aibă un gust mucegăit.

La temperatură obișnuită, argintul nu reacționează cu apa. O bucățică de argint încălzită însă, aruncată în apă, provoacă descompunerea acesteia. Ca rezultat al reacției, oxigenul se combină cu argintul, iar hidrogenul se degajează sub formă de gaz.

Dacă peste oxidul de argint astfel obținut se toarnă amoniac și se lasă un timp oarecare în repaus, o parte a Ag_2O trece în soluție, iar o parte formează o substanță cristalină neagră. Acest compus, descoperit de către chimistul francez Berthollet, are puternice proprietăți explozive. Este suficientă o ușoară zguduire, o încălzire neînsemnată sau pur și simplu căderea unei picături de apă, ca să se producă o explozie. Nu degeaba acesta se numește argint „detonant".

Cu amoniacul argintul dă în general numeroși derivați chimici. Ei sînt ușor solubili în apă și fac parte din clasa compușilor complecși. Dacă la complexul amoniacal al argintului se adaugă puțină glucoză sau formol, pe pereții vasului de sticlă apare un strat dens, strălucitor, de metal. Prin acest procedeu se arginteazâ în prezent suprafața interioară a termosurilor și se fac oglinzile.

Cei mai mulți acizi diluați nu acționează asupra argintului. În schimb, el se dizolvă foarte bine în acid azotic, formînd nitrat. Această substanță, cunoscută uzual sub

denumirea de nitrat de argint, era bine cunoscută alchimiștilor, care o numeau „cristale lunare", „piatra iadului" ș.a.m.d. Această ultimă denumire este legată, după toate probabilitățile, de acțiunea nitratului de argint asupra pielii. Nimerind pe piele, argintul începe să se reducă la stare metalică, oxidînd țesuturile înconjurătoare. De aceea în locul în care a fost sarea se și formează o pată brună. Acțiunea oxidantă a argintului distruge infecția, de aceea nitratul de argint este folosit încă de mult pentru cauterizări.

Dacă se picură o soluție de nitrat de argint în soluția apoasă a unei sări de clor, se obține un precipitat alb brînzos, insolubil chiar în acizi. Reacția este foarte sensibilă. Cu ajutorul ei se pot identifica cantități infime ale ionilor de clor, brom sau iod, de aceea ea are un rol important în analiza chimică. Fulgii albi de clorură de argint, stînd la lumină, se întunecă, deoarece se produce descompunerea sării, cu separarea argintului metalic. În grad și mai înalt au aceste proprietăți bromura și iodura de argint. Această neobișnuită sensibilitate la lumină este utilizată în fotografie, pentru prepararea stratului de emulsie care se aplică pe hîrtie și peliculă.

Două triade remarcabile

În secolul al XVII-lea, actualul teritoriu al Columbiei a fost cotropit de conchistadorii spanioli. Prădătorii bogățiilor țării cucerite căutau în special aur și argint, și de aceea au fost foarte mirați cînd, pe malurile rîului Platino del Pinto, au găsit granule dintr-un metal foarte asemănător cu argintul, însă mai greu. Straniului metal i s-a dat denumirea de „platina", diminutiv de la „plata", care în limba spaniolă înseamnă argint.

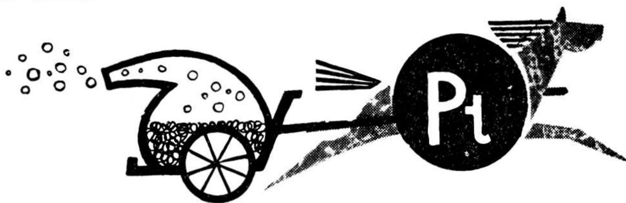
Pentru prima oară platina a fost adusă în Europa din Brazilia de navigatorul și savantul spaniol Antonio de Ulloa în 1735. După 20 de ani curiosul metal a fost în sfîrșit recunoscut de către chimistul suedez Scheffer ca un element chimic independent.

Noul element semăna uimitor cu confrații lui mai vechi — aurul și argintul. El era la fel de ductil ca aurul și nu conducea căldura și curentul electric mai prost decît argintul. Greutatea lui specifică (21,4) era și mai mare decît a

aurului, considerat pînă atunci drept cel mai greu metal. În ceea ce privește dificultățile de a-l topi, putea fi invidiat de însuși regele metalelor: temperatura de topire a platinei este 1 774°C. În ceea ce privește rezistența chimică, platina satisfăcea și în această privință toate cerințele prezentate unui membru al „familiei prețioase".

Ca și aurul, platina se dizolvă numai în „apă regală". În acest caz se formează acidul complex hexaclor-platinic: H_2PtCl_6. Platina cedează și atacurilor unui „agresor" chimic cum este fluorul, formînd fluorurile PtF_2 și PtF_4.

Nu este de mirare că aceste calități ale platinei au cîștigat prețuirea inginerilor și a oamenilor de știință. Platina s-a dovedit de neînlocuit acolo unde este necesară o rezistență chimică și mecanică înaltă, precum și rezistență la temperaturi înalte. Din platină se fac creuzete, retorte, cazane utilizate în laboratoarele de cercetare și în secțiile de uzină.



Pasivitatea chimică a platinei este foarte pe placul bijutierilor și dentiștilor. Aproximativ două treimi din extracția anuală a platinei se utilizează pentru confecționarea podoabelor și a protezelor în stomatologie. În electrotehnică ea este utilizată pentru confecționarea electrozilor aparatelor de măsură, a spiralelor pentru cuptoarele cu rezistență etc.

Platina se deosebește avantajos de aur și de argint prin rara ei capacitate de a accelera reacțiile chimice. În mod deosebit se manifestă această calitate a platinei atunci cînd se prezintă în stare fin divizată. Pulberea fină de platină — așa-numitul negru de platină — are o suprafață mare. Ea se aplică pe azbest sau pe alt material, uneori chiar pe platina însăși. Pe suprafața neregulată a catalizatorului, în porii lui, în adîncituri, pe proeminențele ascuțite, reacția decurge mult mai rapid decît în condiții obișnuite. Gama utilizărilor platinei drept catalizator este deosebit de mare: de la giganticele aparate de contact din uzinele de acid

sulfuric pînă la miniaturalele aparate pentru arderea completă a dăunătoarelor gaze de eșapament ale automobilelor.

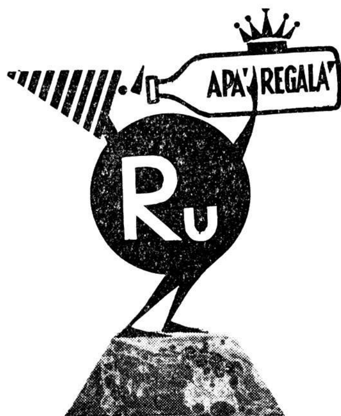
Studiul platinei brute a scos la lumină un șir de însoțitori ai ei sau de „gemeni". În 1803 s-au descoperit paladiul și rodiul, în 1804 osmiul și iridiul, iar peste 40 de ani ruteniul.

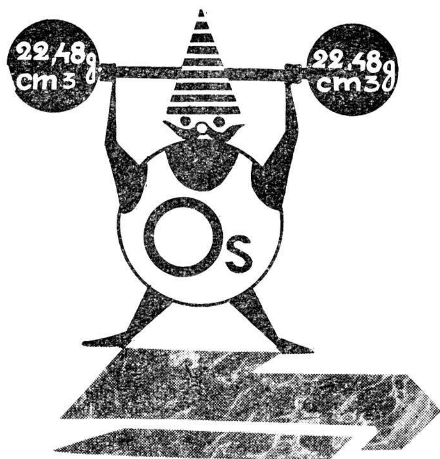
În ordinea sistemului periodic, ruteniul este primul membru al „nobilei dinastii", deși a fost descoperit ultimul. Platina însăși închide familia „platinidelor" — așa au fost denumiți însoțitorii ei. Întreaga societate a „gemenilor" este împărțită în tabelul lui Mendeleev în două triade: ruteniul, rodiul, paladiul (triada platinidelor ușoare) și osmiul, iridiul, platina (triada platinidelor grele). Ambele triade sînt dispuse în două etaje în grupa a opta a sistemului periodic, sub același acoperiș — triada fierului.

Descoperirea mai tardivă a ruteniului se explică prin faptul că este cel mai rar dintre însoțitorii platinei.

Ruteniul este un reprezentant tipic al „nobilei familii". Asupra lui nu acționează nici un fel de acizi, nici măcar „apa regală". Oxigenul din aer oxidează ruteniul numai la încălzire. Un compus interesant al ruteniului este tetraoxidul lui, RuO_4. Aici el este octovalent. Tetraoxidul de ruteniu nu se obține ușor: pentru aceasta este necesară acțiunea la cald a unui oxidant puternic (clor, brom, permanganat de potasiu) asupra soluției unor săruri ale acestui metal.

„Gemenii" triadei platinidelor ușoare se aseamănă între ei ca două picături de apă. Totodată însă, fiecare dintre ei are particularități caracteristice. De exemplu, sărurile de rodiu se deosebesc, de regulă, printr-o culoare roză-roșie. De aici și-a și căpătat elementul denumirea: „rodon" în limba greacă înseamnă „trandafir". În rest rodiul se înrudește cu confrații lui din triadă. Din punct de vedere chimic, el este foarte pasiv: nu se dizolvă în acizi și foarte puțin în „apa regală". Este dizolvat numai prin încălzire cu acid





sulfuric fumans sau cu hidrosulfați alcalini topiți, cu peroxid de sodiu și peroxid de bariu. Pentru a oxida rodiul în aer, metalul trebuie încălzit la roșu.

În stare fin divizată, rodiul metalic absoarbe ușor gazele, însușire strîns legată de proprietățile lui catalitice.

Triada platinidelor ușoare este încheiată de paladiu, denumit astfel în cinstea micii planete Pallas. În ceea ce privește capacitatea de a fi prelucrat mecanic, el întrece nu numai pe confrații săi din triadă, ci și toate metalele grupei platinei fără excepție. Ca și rodiul, însă cu mult mai intens, paladiul absoarbe gazele: la 20°C el este capabil să absoarbă pînă la 800 de volume de hidrogen. Această proprietate explică marea lui activitate catalitică. Printre platinide, paladiul este considerat cel mai activ din punct de vedere chimic. Prin încălzire în aer dă oxizii Pd_2O și PdO. Paladiul este solubil în „apa regală“ și în acid azotic.

Triada platinidelor grele este deschisă de osmiu. El este cel mai greu metal: are o greutate specifică nedepășită ca mărime: 22,48. Deși este foarte inert, osmiul este cu toate acestea ușor solubil în acid azotic, în special în cel fumans.

În aer, osmiul se oxidează treptat în tetraoxid, OsO_4. Tetraoxidul este compusul cel mai caracteristic al osmiului. El are un miros pătrunzător, căruia metalul îi datorește

denumirea lui (în limba greacă „osme" înseamnă „miros"). Tetraoxidul de osmiu poate sublima sub forma unor ace transparente aproape incolore. Vaporii lui sînt toxici. Este interesant că osmiul fin divizat se aprinde ca un chibrit în atmosferă de vapori de sulf, formînd OsS_2. La temperatură obișnuită, fluorul nu acționează asupra osmiului; reacția se desfășoară numai la cald. În acest caz se obține un amestec de fluoruri, printre care OsF_8.

Între osmiu și platină se găsește iridiul. „Originea nobilă" a acestuia nu prezintă nici o îndoială. El este și mai stabil față de acizi decît vecinii lui de triadă. Iridiul topit este inaccesibil pentru „apa regală"; numai în stare fin divizată se dizolvă lent în ea. Halogenii, sulful și oxigenul reacționează cu iridiu numai cînd este încălzit la roșu. Sărurile de iridiu au culorile cele mai diferite; tocmai de la această variație provine denumirea iridiului: „iris" în limba greacă înseamnă „curcubeu".

Platina și însoțitorii ei au găsit o utilizare demnă de calitățile lor, în special pentru înnobilarea aliajelor. Etaloanele internaționale ale metrului și kilogramului sînt făcute dintr-un aliaj de platină (90%) și iridiu (10%). Iridiul, care se deosebește printr-o duritate neobișnuită, se folosește pentru confecționarea contactelor electrice, pentru magnetouri în motoarele cu combustie internă, la iridarea suprafețelor pentru a le face rezistente și stabile. Pentru a se obține vase antiacide care să reziste chiar și „apei regale", se recurge la serviciile rodiului. În aliajele cu platina, acesta este un catalizator minunat. Nu mai puțin important drept catalizator este paladiul, care dă posibilitatea desfășurării proceselor chimice la temperaturi și presiuni relativ joase. Sărurile de osmiu sînt utilizate în mineralografie, în medicină, pentru tratarea preparatelor biologice înaintea cercetării la microscop.

Astfel, stabilitatea chimică este aceea care îi deosebește pe membrii „familiei nobile". În acest sens sînt pe deplin comparabile între ele platinidele, pe de o parte, și aurul și argintul pe de altă parte. Ele au și alte proprietăți utile, de exemplu topire dificilă, ductilitate, aspect exterior frumos. În sfîrșit, una dintre principalele lor calități este capacitatea, în special a unor platinide, de a accelera reacțiile chimice. Pentru toate aceste motive oamenii le numesc metale prețioase.

VALENȚA ZERO

Din aerul atmosferic, circa 0,94% revine așa-numitelor gaze inerte. Acestea au fost descoperite abia la sfîrșitul secolului trecut.

Experiența lui Cavendish

La sfîrșitul secolului al XVIII-lea au fost identificate multe din gazele cunoscute. Din acestea fac parte: oxigenul, bioxidul de carbon și azotul. Aceasta era imaginea chimiștilor din acea vreme asupra componenței atmosferei și nimeni în afară de cunoscutul savant englez Cavendish nu se îndoia de justețea ei.

Cavendish avea însă motive de îndoială.

În 1785 făcuse o experiență destul de simplă. În primul rînd a îndepărtat din aer bioxidul de carbon. Asupra amestecului de azot și oxigen rămas a acționat cu o scînteie electrică. Azotul, reacționînd cu oxigenul, a dat vapori bruni de oxizi de azot, care, dizolvîndu-se în apă, s-au transformat în acid azotic. Această operație a fost repetată de multe ori. Cu toate acestea, ceva mai puțin decît a suta parte din volumul de aer luat pentru experiență rămînea neschimbat. Din păcate, acest episod a fost dat uitării timp de mulți ani.

După o sută de ani

În a doua jumătate a secolului al XIX-lea a început o polemică susținută în legătură cu ipoteza lui Prout, care afirma că greutățile atomice ale tuturor elementelor trebuie

să fie exprimate prin numere întregi, adică atomii lor trebuie, după părerea lui Prout, să fie alcătuiți din atomi de hidrogen. Pentru a rezolva disputa, chimiștii au considerat necesar să măsoare greutățile atomice ale elementelor, în primul rînd ale gazelor azot, oxigen și hidrogen.

Calea spre determinarea greutăților atomice și moleculare ale gazelor trecea prin determinarea densității lor.

În 1892 fizicianul englez Rayleigh a măsurat greutatea specifică a azotului. Spre mirarea sa, el a constatat că greutatea specifică a azotului din aer este 1,257 grame la litru, iar greutatea specifică a azotului din compușii chimici — azotatul de amoniu, suboxidul și oxidul de azot, ureea — numai 1,251 grame la litru. Rayleigh a repetat experiențele, a luat diferite substanțe conținînd azot, dar rezultatul a fost același. Șase miimi de gram este greutatea unui purice. Însă aceste șase miimi de gram nu puteau fi o eroare a experienței, deoarece tehnica măsurărilor permitea chiar în acel timp să se opereze cu mărimi mult mai mici.

În toamna anului 1892 Rayleigh a adresat unor colegi, oameni de știință, o scrisoare. El îi ruga să-i indice motivul neconcordanței remarcate de el. Experiențele lui Rayleigh l-au interesat pe fizico-chimistul englez Ramsay. Acesta a presupus că motivul densității diferite constă în prezența unui corp greu necunoscut și a comunicat acest lucru lui Rayleigh.

Cei doi oameni de știință au hotărît să separe misteriosul gaz, dar au ales căi diferite pentru identificarea lui. Ramsay a recurs la ajutorul chimiei.

În timpul experiențelor sale, care au durat mai mulți ani, el a constatat că pilitura de magneziu absoarbe azotul. „Magneziul va ajuta la rezolvarea enigmei“, s-a gîndit Ramsay. El a absorbit oxigenul din aer cu cupru. Azotul rămas a fost trecut în repetate rînduri, timp de zece zile, printr-o țeavă cu magneziu încălzit. Volumul gazului scădea din zi în zi, iar densitatea lui a crescut. După zece zile, Ramsay avea în mînă 100 cm³ din noul gaz, cu densitatea 19,086.

În experiențele lui, Rayleigh a utilizat metodele fizice. De la prietenul său, fizicianul Dewar, el a aflat despre experiențele lui Cavendish. Rayleigh a repetat experiența lui

Cavendish, utilizînd o aparatură mult mai perfecționată. A fost oxidat azotul dintr-un balon de 50 de litri. După cîteva zile Rayleigh a obținut o jumătate de centimetru cub dintr-un gaz necunoscut.

La 13 august 1894, fizicianul Rayleigh și chimistul Ramsay au făcut o comunicare preliminară la Congresul Societății Britanice de științe naturale de la Oxford în legătură cu descoperirea unui nou component al aerului. Unul dintre fizicieni, ascultînd comunicarea, a întrebat: „Nu cumva ați descoperit, domnilor, și numele acestui gaz?"

Întrebarea nu era inutilă. Descoperirea unei substanțe noi încă nu reprezintă totul. Aceasta trebuie studiată, trebuie aflat dacă este vorba de un compus sau de un element. Care sînt proprietățile ei caracteristice? Denumirea exprimă de obicei particularitatea cea mai caracteristică a substanței.

Ramsay, bazîndu-se pe teoria cinetică a gazelor, a găsit că molecula noului gaz este alcătuită dintr-un atom. Prin urmare, dacă gazul este monoatomic, nu poate fi vorba despre un compus. Noul gaz era un element.

A fost nevoie de mari eforturi și de mult timp pentru a se obține un compus al noului gaz. S-a încercat combinarea lui cu fluorul, clorul, cu diferite metale; a fost încălzit, comprimat. Gazul a rămas însă el însuși: nu a reacționat cu nici una dintre substanțe. De aceea noul gaz a fost denumit „argon", ceea ce în limba greacă înseamnă „leneș", „inactiv".

La început, doar în Soare

Știrea despre descoperirea noului gaz a zguduit lumea științifică. Ea a interesat și chimia, și fizica, și mineralogia. În februarie 1895 Ramsay a primit de la mineralogul londonez Mayers o scrisoare prin care acesta îl informa despre experiențele geologului american Hillebrand. Fierbînd în acid sulfuric minerale rare de uraniu, acesta din urmă a remarcat degajarea unui gaz care, ca proprietăți, amintește azotul. Cu cît mineralul conținea mai mult uraniu, cu atît se degaja o cantitate mai mare de gaz. Hillebrand a presupus



convențional că gazul este azot. „Dar nu cumva este argon?“ întreba autorul scrisorii.

Nu mult după aceasta Ramsay și-a trimis asistenții în magazinele londoneze de produse chimice după cleveită, mineral de uraniu. Au fost cumpărate 30 de grame de cleveită. În aceeași zi, Ramsay, cu ajutorul său Matthews, a extras cîțiva centimetri cubi de gaz. Ramsay a supus acest gaz unui studiu spectroscopic. El a văzut o linie de un galben-aprins, foarte asemănătoare cu linia sodiului, deosebindu-se în același timp de aceasta prin poziția ei în spectru. Ramsay a fost atît de uimit, încît a desfăcut spectroscopul, l-a curățat, însă la o nouă experiență a remarcat din nou linia de culoare galben-aprinsă, care nu coincidea cu linia sodiului. Ramsay a verificat spectrele tuturor elementelor. În sfîrșit și-a amintit de o linie enigmatică din spectrul coroanei solare.

În 1868, în timpul eclipsei solare, cercetătorul francez Janssen și englezul Lockyer au identificat în spectrul protuberanțelor solare o linie de un galben-aprins, care nu fusese remarcată în spectrele surselor de lumină pămîntești. În 1871 Lockyer a emis ipoteza că această linie a spectrului aparține unei substanțe necunoscute pe Pămînt.

El a denumit acest element ipotetic heliu, adică „solar“. Pe Pămînt însă, acesta nu a fost identificat. Fizicienii și chimiștii nu s-au interesat de el: pe Soare sînt doar cu totul alte condiții, acolo și hidrogenul poate să treacă drept heliu.

Oare într-adevăr avea în mînă același heliu? Ramsay era aproape convins de aceasta, dar voia o confirmare de la cunoscutul spectroscopist Crookes. Ramsay i-a trimis gazul pentru studiu și i-a scris că a găsit un gaz nou, pe care l-a denumit kripton, ceea ce în limba greacă înseamnă „ascuns". Telegrama de răspuns a lui Crookes spunea: „Kriptonul este heliu".

Unde sînt celelalte gaze ?

În 1895 au fost descoperite două gaze inerte. Era clar că între ele trebuie să se găsească încă un gaz, ale cărei proprietăți Ramsay le-a descris dinainte, după exemplul lui Mendeleev. Lecoq de Boisbaudran a prezis chiar greutatea atomică a gazului nedescoperit: 20,0945.

Unde poate fi însă căutat acest gaz? Ramsay a studiat toate corpurile care puteau să conțină gaze, a cercetat chiar meteoriții, dar nu a identificat nimic nou. Atunci Ramsay a recurs din nou la aer. E greu de spus ce soartă ar fi avut eforturile savantului, dacă, în timpul cercetărilor lui, Linde în Germania și Hampson în Anglia nu ar fi scos, simultan, un brevet pentru o mașină care comprimă aerul.

Această mașină parcă ar fi fost inventată anume pentru descoperirea gazelor inerte. Principiul funcționării ei se bazează pe un fenomen fizic cunoscut: dacă aerul este comprimat, iar apoi lăsat să se dilate rapid, el se răcește. Cu aerul răcit se răcește o nouă porție de aer comprimat care intră în mașină ș.a.m.d., pînă la transformarea aerului în lichid.

La sfîrșitul anului 1897, Ramsay, a căpătat de la Hampson 100 cm^3 de aer lichid.

Evaporînd aproape întregul azot și oxigen, Ramsay a introdus aerul lichid rămas într-un gazometru. El se gîndea că va găsi acolo heliu, deoarece considera că acest gaz se evaporă mai lent decît oxigenul și azotul. A purificat gazul din gazometru de urmele de oxigen și de azot și a scos un spectru în care a identificat două linii luminoase necunoscute înainte.

Acestea aparțineau unui gaz încă necunoscut, pe care Ramsay l-a denumit cu pseudonimul heliului, kripton, adică „ascuns". Apoi Ramsay a introdus 15 litri de argon într-un tub în aer lichid. Pentru a găsi gazul care, potrivit calculului,

era mai uşor decît argonul şi kriptonul, Ramsay a colectat primele porţii rezultate din evaporarea argonului. S-a obţinut un spectru nou, cu linii roşu-aprins. Ramsay a numit gazul pe care îl separase neon, ceea ce în limba greacă înseamnă „nou".

În 1888, Travers, ajutorul lui Ramsay, a construit o maşină capabilă să dea o temperatură pînă la −253°C. Cu ajutorul acesteia s-a obţinut argon solid. Au fost distilate toate gazele, în afară de kripton. În kriptonul nepurificat s-a găsit xenon („străin"). Pentru a obţine 300 cm³ de xenon, savantul a trebuit să prelucreze timp de doi ani 77 500 000 de litri de aer atmosferic.

În felul acesta au fost găsite cinci gaze inerte. Rămăsese de găsit şi cel de-al şaselea, cel mai greu.

Din nou despre cleveită

S-a arătat că heliul e prezent în mineralele de uraniu. Cu cît cleveita conţine mai mult uraniu, cu atît este şi heliu mai mult. Ramsay a căutat timp îndelungat să găsească legătura dintre conţinutul de uraniu şi heliu, dar n-a reuşit. Rezolvarea a venit din altă parte; ea a fost legată de descoperirea radioactivităţii.

S-a constatat că radiul degajează o substanţă gazoasă, numită emanaţie. Un gram de radiu dădea în 24 de ore 1 mm³ de emanaţie. În 1903 Ramsay şi cunoscutul fizician Soddy s-au ocupat de studiul emanaţiei. Ei aveau la dispoziţie numai 50 de miligrame de bromură de radiu; în acelaşi timp ei aveau nu mai mult de 0,1 mm³ de emanaţie.

Pentru efectuarea lucrărilor, Ramsay a construit o balanţă supersensibilă, care indica patru miliardimi de gram. În scurt timp cercetătorii au lămurit că emanaţia este ultimul reprezentant al familiei gazelor inerte.

Timp îndelungat ei n-au reuşit să identifice spectrul emanaţiei. Lăsînd o dată tubul cu emanaţie nedeschis timp de cîteva zile, l-au introdus în spectroscop şi au fost miraţi văzînd în spectroscop liniile cunoscute ale heliului.

Acest fapt a confirmat presupunerea lui Rutherford şi Soddy că transformarea radioactivă este legată de transmutaţia atomilor. Radiul, descompunîndu-se spontan, se transforma în emanaţie şi emitea un nucleu al atomului de heliu.

Un element se transforma în altul!

Pentru oamenii de știință a devenit clar de ce heliul se găsește în mineralele uraniului; el este unul dintre produsele de descompunere ale uraniului. În 1923, printr-o hotărîre a Comitetului internațional al elementelor chimice, emanației i s-a schimbat numele în radon.

Gazele inerte – pe Pămînt și în afara lui

Să ne întoarcem din nou la compoziția atmosferei pămîntești. Amintim că azotului și oxigenului le revin mai mult de 99%. Tuturor celorlalte gaze, inclusiv hidrogenul și bioxidul de carbon, le revine mai puțin de 1%. Partea leului din acest 1% îi revine argonului. În comparație cu celelalte gaze inerte, în atmosferă se găsește foarte mult argon — 0,93%. Aceasta se explică prin fisiunea radioactivă a ^{40}K, ca rezultat formîndu-se ^{40}Ar. Din aceeași cauză, izotopul greu al argonului predomină. Un kilogram de aer conține 12,9 grame de argon și o zecime de gram din toate celelalte gaze inerte.

Xenonul este un gaz foarte rar. Conținutul său în atmosferă este de $9 \cdot 10^{-7}$%; totodată însă, conținutul absolut în argon este uriaș. Dacă am dori să introducem acest gaz în cisterne de cale ferată, ar fi necesar un tren cu o lungime de 80 de ecuatoare pămîntești, și dacă drumul nostru ar fi întretăiat de acest tren, mergînd cu o viteză de 90 de kilometri pe oră, ridicarea barierei ar trebui așteptată patru ani.

Conținutul de radon în atmosferă este infim. Numărul care reprezintă procentul lui este $6 \cdot 10^{-18}$. Dacă s-ar colecta întregul radon al atmosferei pămîntești, acesta ar încăpea într-un butoi de bere de dimensiuni medii, cu volumul de numai 230 de litri. Această cantitate a radonului cîntărește două kilogame și ceva.

Gazele inerte sînt conținute nu numai în atmosferă: heliul și argonul pot fi găsite în zăpadă, în grindină, în apa de ploaie și în minerale. La fiecare erupție vulcanică se degajează o cantitate însemnată de argon. În 1902, în timpul erupției vulcanului Mont-Pelée din insula Martinica, s-au degajat gaze conținînd 0,7% argon.

Cu totul alte cifre obținem dacă analizăm răspîndirea elementelor în cosmos.

După ultimele date științifice, universul este alcătuit în greutate din 76% hidrogen și 23% heliu; numai 1% revine tuturor celorlalte elemente ale tabelului periodic.

Sînt oare ele chiar așa de inerte?

Într-adevăr, sînt ele așa de inerte, leneșe, chimic lipsite de viață?

Chimistul sovietic B.A. Nikitin a depus multe eforturi pentru cercetarea compușilor gazelor inerte. El a propus o metodă originală de obținere a unor compuși moleculari, ușor disociabili, ai gazelor nobile.

Ce este un compus molecular și de ce este el caracteristic pentru gazele inerte?

Gazele inerte au o structură chimică completă, s-ar putea spune perfectă a straturilor electronice. Stratul electronic exterior al acestora conține opt electroni, al heliului — doi. Gazele nobile își țin foarte strîns electronii, nu-i cedează atomilor străini și ele însele nu acceptă electronii nimănui; pe scurt, ele nu pot forma compuși ionici de tipul NaCl sau NaF.

Pe de altă parte, atomii gazelor inerte nu au nici tendința de a pune în comun electronul lor cu electronul unui alt atom pentru a da un compus cu legătură covalentă, de tipul unei molecule de clor. Legătura de valență condiționată de cedarea unui electron sau de punerea în comun a unui electron nu are loc la gazele nobile. Noi știm însă că la temperaturi joase ele se pot lichefia și chiar solidifica.

Care sînt forțele care leagă moleculele omogene ale gazului inert, cînd acesta se află în stare lichidă? Forțele moleculare, sau, cum sînt numite în cinstea chimistului olandez Van der Waals, forțele Van der Waals...

În orice moleculă există atît particule cu sarcină pozitivă, nucleele atomilor, cît și negativă, electronii. Atît pentru sarcinile negative, cît și pentru cele pozitive există puncte care pot fi numite „centrul electric de greutate". Aceste puncte sînt, oarecum, polii moleculei. Dacă într-o mole-

culă polul negativ coincide cu cel pozitiv, molecula va fi nepolară. Moleculele gazelor inerte sînt nepolare; ele sînt construite foarte simetric.

Cînd centrii electrici de greutate nu coincid, se obține o moleculă polară.

Compușii moleculari se formează pe seama forțelor Van der Waals, de proveniență electrică. Aceste forțe sînt apoximativ de 100 de ori mai slabe decît obișnuitele forțe chimice de valență.

Așadar, forțele Van der Waals leagă moleculele gazelor inerte în lichid. Ce caracter au aceste forțe aici de vreme ce molecula este în cazul respectiv cu totul nepolară? S-a constatat că această nepolaritate nu este absolută. Într-un atom nu numai electronii se învîrtesc în jurul nucleului, ci și nucleele oscilează în raport cu pozițiile lor de echilibru. De aceea, pentru un interval de timp foarte scurt, structura simetrică ideală a moleculei gazului inert se deformează. Din cînd în cînd, o parte din stratele electronice se deplasează pentru o clipă; se formează astfel un dipol, ce-i drept, foarte mic.

Pot oare forțele Van der Waals să lege o moleculă de gaz inert cu molecula altei substanțe? Pot, în special dacă aceste alte molecule sînt apropiate de ele ca dimensiuni și ca formă, sau, după cum spun chimiștii, sînt izomorfe. B.A. Nikitin a constatat că radonul, de exemplu, este izomorf cu hidrogenul sulfurat și bioxidul de sulf; structurile lor cristaline sînt asemănătoare. Particulele de radon pot înlocui particulele de hidrogen sulfurat în rețeaua cristalină, formînd cristale mixte.

Hidratul radonului este de asemenea izomorf cu hidratul hidrogenului sulfurat. Dacă se trece sub presiune mare radonul prin apă pe cale de înghețare, hidratul format se descompune imediat. Este suficient să se adauge gazului inert hidrogen sulfurat, ca hidratul hidrogenului sulfurat format să capteze radonul în rețeaua lui cristalină.

Alături de hidratul hidrogenului sulfurat se obține hidratul radonului. Prin această metodă, denumită coprecipitare izomorfă, Nikitin a obținut pentru prima oară cristalohidrații tuturor gazelor inerte, cu excepția heliului, și a constatat că toate conțin cîte șase molecule de apă. Aici

atomul gazului inert este luat strîns în inel de către moleculele polare ale apei.

Compușii moleculari ai gazelor inerte sînt puțin stabili, dar sînt compuși chimici prețioși, deoarece au o compoziție chimică cu totul determinată.

Astfel a fost deschis un nou capitol în chimie — chimia gazelor inerte, cu rol important în studiul naturii compușilor moleculari[1].

---

[1] În ultimul timp s-au obținut, prin reacție directă între xenon și fluor, compuși ca XeF_2, XeF_4 și alții. Pornind de la aceștia, s-au preparat și alți compuși chimici, ca XeO_2 etc., ceea ce demonstrează că gazele „inerte" pot da și compuși chimici propriu-ziși *(N.t.)*.

TRANSMUTAȚIA ELEMENTELOR

Raze, raze, raze...

Totul a început cu descoperirea lui Röntgen. În 1895, acesta a identificat niște raze invizibile, capabile să treacă prin substanțe impenetrabile pentru razele obișnuite de lumină. Ele puteau fi decelate prin acțiunea lor asupra unei plăci fotografice pe care o impresionau chiar dacă aceasta era înfășurată în hîrtie neagră. Röntgen le-a numit raze X, deoarece nu a putut stabili natura lor. În prezent, ele sînt cunoscute tuturor ca raze Röntgen.

Fizicianul francez Henri Becquerel a hotărît să lămurească dacă apariția razelor Röntgen nu este legată de fluorescență. Așa se numește luminescența rece a unor substanțe. Dintre acestea face parte, în special, azotatul de potasiu [illegible] uranilui. „Sărurile de uraniu iradiate cu o lumină solară vie emit raze Röntgen“, a comunicat în curînd Becquerel. Se părea că totul era în ordine, însă savantul a constatat că compușii uraniului emiteau raze chiar dacă nu erau luminați în prealabil. Mai mult chiar, intensitatea radiației era totdeauna proporțională cu conținutul de uraniu în săruri. Capacitatea cea mai mare de „iradiere“ o avea uraniul metalic. Becquerel a anunțat că a descoperit raze noi, „de uraniu“.

Scurt timp după aceasta, soții Marie și Pierre Curie, studiind sistematic numeroși compuși, au ajuns la o concluzie interesantă: razele necunoscute sînt emise și de preparatele toriului. Au apărut raze noi, „de toriu“. Toate acestea erau enigmatice și de neînțeles. „Febra razelor“ a căpătat un caracter de epidemie științifică. Una după alta apăreau în presă comunicări despre descoperirea a tot felul de raze noi.

Soții Curie au continuat între timp să studieze razele lui Becquerel. În curînd ei au stabilit că emisiunea de radiații a mineralelor de uraniu este mult mai mare decît dacă ele ar fi alcătuite în întregime din uraniu pur. Era un lucru cu totul uimitor. Nu cumva esența problemei nu era uraniul

și ultimul element al tabelului lui Mendeleev nu avea nici o răspundere în curioasa emisiune de raze?

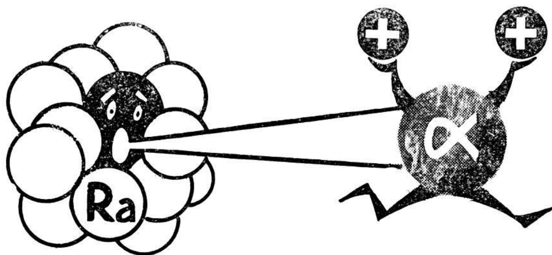
Tinerii savanți își continuară activitatea. În 1898 ei descoperiră dintr-o dată două noi elemente care aveau proprietatea de a emite razele lui Becquerel, dar intensitatea radiației lor era aproximativ de 1 000 000 de ori mai mare decît la uraniu și toriu. Unul dintre elemente a fost numit poloniu, în cinstea Poloniei, patria Mariei Curie, iar al doilea, radiu, de la cuvîntul latinesc „radius", care înseamnă „rază".

Proprietatea substanțelor de a emite spontan raze invizibile a fost denumită de soții Curie radioactivitate, iar substanțele care au această capacitate — radioactive.

Mai amănunțit despre radioactivitate

Esența acestui fenomen astăzi nu mai prezintă enigme. Nu toate nucleele atomice sînt stabile, și în special nu sînt stabile nucleele grele, care aparțin atomilor elementelor de la sfîrșitul tabloului lui Mendeleev. Aceste nuclee nestabile se descompun spontan, transformîndu-se în altele.

Toate aceste transmutații pot fi împărțite în cîteva grupuri. De primul grup țin cele care sînt legate de emiterea de către nuclee a așa-numitelor particule alfa. Masa unei particule alfa este greutatea egală cu patru unități atomice de masă. Fiecare dintre aceste particule are două sarcini pozitive. Prin urmare, particulele alfa nu sînt altceva decît nucleele atomilor elementului heliu. Nucleele atomilor grei le emit cu o viteză uriașă, egală cu 15 000—20 000 de kilometri pe secundă. Particulele se deosebesc între ele după mărimea energiei lor, dar cel mai adesea este

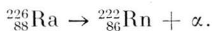




utilizată o altă caracteristică: lungimea parcursului liber. Lungimea drumului particulei alfa este strict constantă pentru fiecare substanță; ea este cu atît mai mare, cu cît este mai mare energia particulei. Elementele radioactive de la sfîrșitul sistemului periodic emit particule alfa cu lungimea parcursului în aer de la doi pînă la opt centimetri. La mișcarea în substanțe, particulele alfa se ciocnesc de atomii acestora, provocînd ionizarea lor, și de aceea, pierzînd energie, își încetinesc destul de rapid mișcarea.

Ce se întîmplă cu nucleul care emite o particulă alfa? Deoarece sarcina lui scade cu două unități, este evident că se transformă în nucleul unui element care se găsește cu două căsuțe mai la stînga în sistemul periodic. Greutatea sa atomică scade cu patru unități. Ca exemplu se poate cita transformarea atomului de radiu în radon: *radiu* → *radon* + *particulă alfa*.

În fizica nucleară această ecuație se notează astfel:

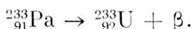


$$^{226}_{88}\mathrm{Ra} \rightarrow ^{222}_{86}\mathrm{Rn} + \alpha.$$

Grupul următor de transformări este legat de emiterea de către nuclee a unor particule β (beta), adică a unor electroni. Acest proces se datorează excesului de neutroni din nucleele unor atomi. Această schemă se poate prezenta în modul următor: *neutron* → *proton* + *electron*, sau $n \rightarrow p + e^-$, adică neutronul trece în proton, iar electronul format părăsește nucleul. Nu este greu de ghicit că, la fisiunea beta, elementul format se situează în sistemul periodic cu o căsuță mai la dreapta, iar greutatea sa atomică rămîne invariabilă,



deoarece masa electronului este apropiată de zero. Ca exemplu se poate da transformarea protactiniului în uraniu:



$$^{233}_{91}Pa \rightarrow ^{233}_{92}U + \beta.$$

Spre deosebire de particulele alfa, particulele beta nu au o mărime constantă a parcursului, nici energie constantă, lucru constatat la orice substanță radioactivă care emite particule beta. Aceasta a dat chiar motiv unora din oamenii de știință să ajungă la îndoieli în legătură cu legea fundamentală a naturii, legea conservării energiei.

Fenomenul a fost explicat de vestitul savant italian Enrico Fermi. El a dovedit că emiterea particulei beta de către nucleul atomului trebuie să fie însoțită de ieșirea din nucleu a încă unei particule, care nu are sarcină electrică, cu o masă apropiată de zero. Această particulă a căpătat denumirea de „neutrino", adică în limba italiană „mic neutron",

Deoarece nucleul emite două particule, energia se poate repartiza între ele în modul cel mai diferit. Neutrino poate capta multă energie, și atunci particulei beta îi revine o mică parte a acesteia. Neutrino poate să nu capteze nimic și atunci particula beta va avea energia maximă ce caracterizează radiația beta. Particulele beta ies din nucleu cu o viteză uriașă, apropiată de viteza luminii. Deoarece sarcina lor este mică, spre deosebire de particulele alfa, ele provoacă rareori ionizarea atomilor substanței în care se deplasează. De aceea și parcursul lor este cu mult mai mare decît al particulelor alfa.

În afară de particulele beta cu sarcină negativă, există și particule beta cu sarcină pozitivă, care se notează prin semnul β^+ și se numesc pozitroni. Dacă nucleul emite un pozitron, elementul format se deplasează cu o căsuță la stînga în sistemul periodic.

Un alt grup de transformări este legat de fenomenul care a căpătat denumirea de captură electronică. Aceasta se constată atunci cînd nucleul conține un număr de protoni în exces. În acest caz nucleul captează electronul de pe stratul de electroni cel mai apropiat și unul dintre protoni se transformă în neutron:



$$p + e^- \rightarrow n.$$

De obicei nucleul captează un electron de pe stratul cel mai apropiat de nucleu, de pe așa-numitul strat K, de aceea fenomenul a căpătat denumirea de „captură K". În urma capturii, în stratul electronic se formează un loc „vacant", pe care-l ocupă electronul care înainte se găsea pe un strat mai îndepărtat de nucleu. Trecerea electronului de pe un strat pe altul este cauza apariției radiațiilor Röntgen.

În cazul capturii K, elementul format este situat în sistemul periodic cu o căsuță mai la stînga.

Sînt cunoscute transformările radioactive, denumite fisiune spontană, pentru care au „înclinare" numai nucleele foarte grele, de exemplu toriul și uraniul. Esența procesului constă în scindarea spontană a nucleului în două părți. Ca rezultat se formează nucleele elementelor de pe la mijlocul sistemului periodic.

În sfîrșit, din ultima grupă a transformărilor face parte așa-numita tranziție izomeră. Aceasta se poate explica în modul următor. Să presupunem că este vorba de două nuclee complet asemănătoare, că masele lor și sarcinile lor sînt egale, doar că unul din nuclee, după cum spun fizicienii, se găsește la un nivel energetic superior, adică are un exces de energie. Aceste nuclee se numesc izomere. Pentru a trece în starea sa normală, stabilă, nucleul excitat trebuie să se elibereze de excesul de energie, ceea ce și face, emițînd raze gama (γ). Acestea reprezintă radiații electromagnetice cu o lungime de undă foarte scurtă. La emiterea lor, firește, nu variază nici masa atomului, nici numărul lui de ordine. Deoarece razele gama nu reprezintă particule de substanță și sînt neutre din punct de vedere electric, ele reacționează

slab cu substanțele și de aceea au o capacitate foarte mare de penetrație, inaccesibilă particulelor alfa și beta.

Acestea sînt principalele aspecte ale transformărilor nucleelor.

Legea fisiunii radioactive

Atomii elementelor radioactive nu pot „trăi" oricît de mult. Cu trecerea timpului, ei suferă unele transformări. Dacă însă „viața" atomului este limitată în timp, înseamnă că se poate vorbi despre „timpul de dezintegrare" al lor. Oamenii de știință au remarcat că, în cazul în care pentru observații se ia o cantitate mare de substanță radioactivă, într-o unitate de timp se descompun mulți atomi. Dacă se ia o cantitate mică, numărul atomilor care se descompun și intensitatea de iradiere scad proporțional. Procentul atomilor descompuși este același în toate cazurile. Acest „procent constant" poartă denumirea de constantă radioactivă și se notează de obicei prin litera greacă λ (lambda). În sfîrșit, fiecare element radioactiv se descompune pe jumătate, indiferent în ce cantitate a fost luat, într-un timp strict determinat. Aceasta se numește timpul sau perioada de înjumătățire[1] și se notează prin $T_{1/2}$.

Timpii de înjumătățire ai izotopilor radioactivi cunoscuți pînă în prezent sînt foarte diferiți: de la milionimi de secundă pînă la miliarde de ani. Astfel, $T_{1/2}$ al unuia dintre izotopii radonului este de 3,8 zile, iar a uraniului 238 este de 4,5 miliarde de ani. Pentru numeroși izotopi radioactivi, timpul de înjumătățire se poate măsura direct prin scăderea intensității radiației emise.

Familii de elemente

Încă de la începutul studierii fenomenelor fisiunii radioactive, oamenii de știință au constatat un fenomen interesant: elementele radioactive se întîlnesc în natură de obicei în grupe. Astfel, mineralele uraniului conțin întotdeauna

[1] Se înțelege că este vorba de timpul de înjumătățire a izotopului radioactiv dat. Atunci cînd se vorbește despre $T_{\frac{1}{2}}$ al elementului, se are în vedere izotopul lui care trăiește cel mai mult.

radiu, iar gazul radioactiv radon însoţeşte întotdeauna radiul. Aceasta a făcut ca oamenii de ştiinţă să se gîndească că elementele radioactive sînt legate genetic între ele.

De exemplu, uraniul, emiţînd o particulă alfa, se transformă în altă substanţă radioactivă, pe care savanţii o numesc uraniu X_1 (UX_1). Separîndu-l de elementul — „mamă“ uraniu şi studiind cu atenţie proprietăţile chimice, oamenii de ştiinţă au constatat că uraniul X_1 se aseamănă foarte mult cu elementul cunoscut toriu. Ulterior s-a lămurit că uraniul X_1 este unul dintre izotopii toriului. Deosebirile dintre toriu şi uraniu X_1 constau numai în proprietăţile lor radioactive diferite. Dacă timpul de înjumătăţire a toriului este de circa 10^{10} ani, timpul de înjumătăţire a uraniului X_1 este de numai 24 de zile.

În afară de aceasta, în procesul de transformare radioactivă toriul emite din nucleu o particulă alfa, iar uraniul X_1 o particulă beta. În acest caz el trece în elementul protactiniu, mai precis în izotopul acestuia, denumit uraniu X_2 (UX_2), al cărui timp de înjumătăţire este de numai 1 minut. Uraniul X_2, emiţînd din nucleu succesiv o particulă beta şi două particule alfa, se transformă în radiu. Acesta, la rîndul său, emiţînd o particulă alfa, trece în radon ş.a.m.d. Lanţul de transformări succesive ale uraniului s-a dovedit a fi destul de lung şi, în ultimă instanţă, se termină cu izotopul stabil al plumbului, cu indicele de masă[1] 206. Astfel, uraniul este întemeietorul unei întregi serii de elemente radioactive, care intră în familia uraniului.

Oamenii de ştiinţă au găsit că „întemeietori“ ai unor familii asemănătoare mai sînt şi alte elemente existente în natură. Acesta este toriul (Th) cu indicele de masă 232, şi izotopul uraniului cu indicele de masă 235, denumit uneori actino-uraniu (AcU).

Dacă se compară între ele seriile radioactive existente în natură, se constată un amănunt interesant. Indicii de masă ai tuturor izotopilor care intră în seria toriului se împart fără rest la 4. Prin urmare, greutatea lor atomică poate fi exprimată printr-o formulă simplă $4n$, în care n este un număr întreg. Dacă se împarte la 4 indicele de masă al izotopilor care intră în componenţa seriei uraniului, rămîne ca rest în toate cazurile cifra 2, ceea ce înseamnă că indicele de masă al reprezentanţilor seriei uraniului poate fi notat prin

[1] Indicele de masă este numărul întreg cel mai apropiat de greutatea atomică a izotopului respectiv.

formula $4n + 2$. Pentru familia actino-uraniului obținem formula $4n + 3$. Uneori aceste serii sînt și denumite astfel. De exemplu, în loc de a vorbi despre „familia toriului" se spune „seria $4n$", iar în loc de „seria uraniului" se vorbește despre „seria $4n + 2$".

Oamenii de știință au reușit „să creeze" artificial în 1940 seria $4n + 1$, atunci cînd a fost obținut elementul neptuniu (Np) cu sarcina 93 și indicele de masă 237. El s-a dovedit a fi întemeietorul seriei $4n + 1$.

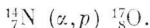
Radioactivitatea artificială

În 1919 vestitul savant englez Ernest Rutherford a făcut o experiență remarcabilă. El a bombardat nucleul azotului cu particule alfa. Cînd a încercat să se orienteze în rezultatele experienței, a constatat o imagine surprinzătoare. S-a dovedit că, absorbind particula alfa, nucleul azotului, care are sarcina 7 și masa 14, se transformă într-o clipă într-un nucleu cu masa 18 și sarcina 9. Acest nucleu este însă nestabil, emite imediat un proton și se transformă într-un nucleu cu masa 17 și sarcina 8. În conformitate cu sistemul periodic, sarcina nucleului egală cu 8 o au numai atomii oxigenului. Prin urmare, ca rezultat al reacției dintre nucleele de azot și particulele alfa se obține un izotop al oxigenului:



$$^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H.$$

Această reacție nucleară poate fi notată și mai scurt:

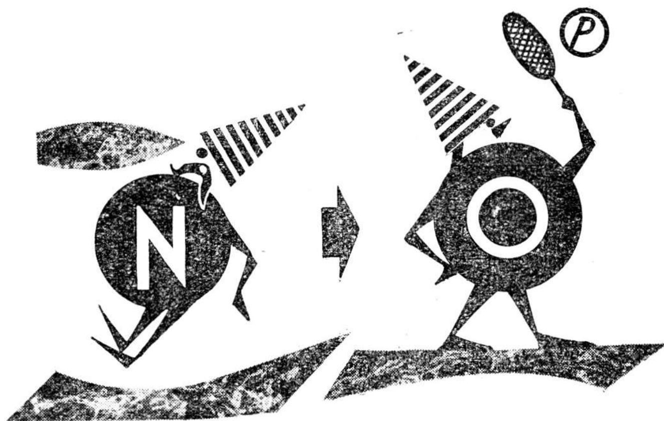


$$^{14}_{7}N\ (\alpha, p)\ ^{17}_{8}O.$$

În această „transcripție", primul se notează nucleul care este supus transformării, după aceea, în paranteză, particula care o provoacă, după care se notează particula emisă și, după paranteză, nucleul nou format.

Apoi Rutherford a lămurit că reacționează cu particulele alfa și nucleele borului, fluorului, sodiului și ale altor elemente. Astfel visul omului de a putea să preschimbe elementele unele în altele a devenit o realitate.

În jurul anului 1930 s-a constatat un fapt interesant. Dacă „se bombardează" cu particule alfa beriliul, apare o nouă radiație, cu proprietăți neobișnuite. „Razele de beriliu" nu deviau în cîmp electric și puteau trece printr-un strat



atît de gros de plumb prin care nu puteau trece nici razele gama. Timp îndelungat oamenii de știință nu au putut explica natura lor. În sfîrșit Chadwick, un elev al lui Rutherford, a dovedit că „razele de beriliu“ reprezintă un flux de particule neutre, egale ca masă cu nucleele atomului de hidrogen, protonii. El le-a denumit neutroni, subliniind prin aceasta caracterul lor neutru din punct de vedere electric. S-a constatat că reacția particulelor alfa cu beriliul se produce după ecuația:



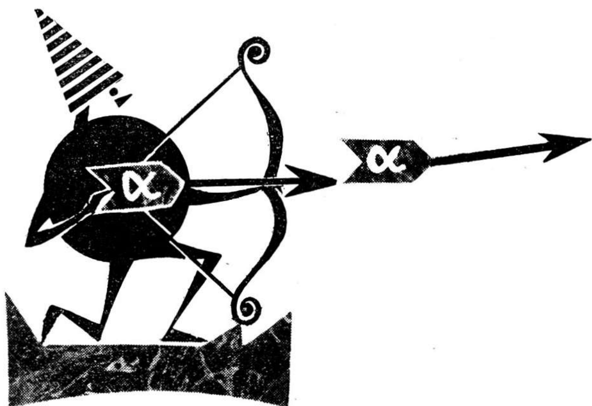
$$^{9}_{4}\mathrm{Be} + ^{4}_{2}\mathrm{He} \rightarrow ^{12}_{6}\mathrm{C} + ^{1}_{0}n,$$

adică în acest caz se formează un izotop al carbonului și se emite un neutron. Neutronilor le-a fost dat să joace un rol deosebit în fizica nucleară.

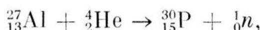
După 15 ani de la experiența lui Rutherford, lumea științifică a fost zguduită de o nouă știre.

În 1934 cercetătorii francezi Frédéric Joliot și Irène Curie au dovedit întregii lumi că sosise timpul ca omul să poată obține artificial izotopi radioactivi.

Iradiind cu particule alfa o placă de aluminiu, ei au constatat că aceasta își păstrează radioactivitatea chiar atunci cînd sursa de „bombardament“ a fost îndepărtată. Placa iradiată emitea pozitroni, și acest proces se supunea legii

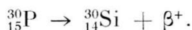


fisiunii radioactive, iar radioactivitatea descreştea aproximativ de două ori în 3 minute. Izotopii radioactivi naturali cunoscuţi nu aveau însă acest timp de înjumătăţire. Concluzia nu putea fi decît una: pozitronul este emis de un izotop radioactiv artificial, care apare la iradierea aluminiului cu particule alfa. Savanţii au presupus că prin iradierea cu particule alfa aluminiul se transformă în fosfor:



$$^{27}_{13}\mathrm{Al} + ^{4}_{2}\mathrm{He} \rightarrow ^{30}_{15}\mathrm{P} + ^{1}_{0}n,$$

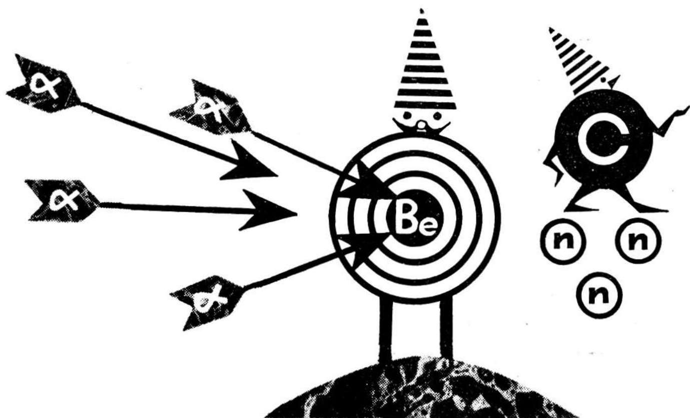
iar izotopul artificial al fosforului, cu masa 30, este nestabil şi se descompune, cu emisiune de pozitroni:



$$^{30}_{15}\mathrm{P} \rightarrow ^{30}_{14}\mathrm{Si} + \beta^{+}.$$

În scurt timp, Frédéric Joliot-Curie şi Irène Curie au confirmat presupunerea lor. Cu ajutorul unor operaţii chimice ei au dovedit că drept rezultat al bombardării aluminiului cu particule alfa se formează într-adevăr izotopul radioactiv al fosforului.

Interacţiunile particulelor alfa cu nucleele diferitelor elemente au fost primele reacţii nucleare realizate de către om. Ulterior arsenalul fizicii nucleare s-a completat şi cu alte „proiectile". S-a constatat că neutronul, protonul,



deuteronul, electronul și chiar fotonul sînt capabili de „a reacționa" cu nucleele.

Așa a început să se dezvolte chimia nucleară — știința privitoare la transformările nucleelor atomice.

Poate fi văzut atomul ?

Cu toate că oamenii de știință au creat microscoape electronice care permit „să se vadă" unele macromolecule (de exemplu ale albuminei), niciodată, după toate probabilitățile, nu vom reuși să vedem atomul. Dimensiunea atomului este doar de 0,00000001 (10^{-8}) centimetri. Totuși, cu toate că nu putem vedea particulele mai mici ale materiei, de exemplu protonii, neutronii, electronii, avem totuși putința să ne facem o imagine despre ei. Cum se ajunge la aceasta?

Izotopii radioactivi ai elementelor chimice au proprietatea de a emite diferite particule. Înregistrarea acestor radiații dă posibilitatea de „a vedea" ceea ce este invizibil — diferiții atomi.

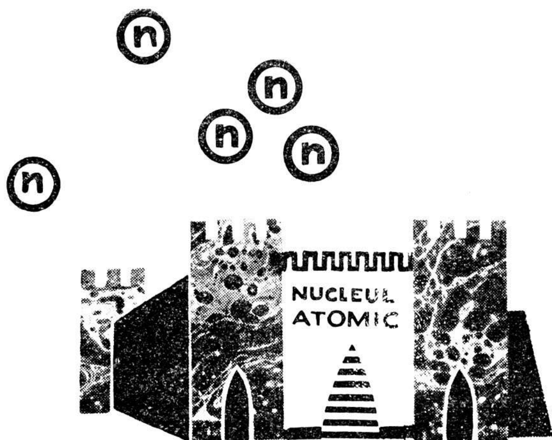
Sub acțiunea fluxului de particule alfa sau beta, unele substanțe, de exemplu sulfura de zinc, încep să lumineze; acest fapt se cunoștea încă la începutul studiului radioactivi-



tății. Imediat ce fluxul particulelor se întrerupe, sulfura de zinc încetează de a lumina. Acesta este principiul de funcționare a unuia din primele aparate pentru înregistrarea substanțelor radioactive. El a fost numit spintariscop, ceea ce tradus înseamnă „observarea scînteierilor". Construcția lui este foarte simplă. Pe un ac se aplică o substanță radioactivă oarecare, capabilă să emită particule. Fluxul acestor particule, ajungînd la ecran, provoacă iluminarea lui. Dacă pe ac este foarte puțină substanță, se pot observa diferite scintilații — „urmele" particulelor care au ajuns la ecran — și se poate număra direct numărul atomilor descompuși.

De fapt metoda cea mai veche este metoda „autoînregistrării" radiațiilor. Trecînd prin emulsii fotosensibile, particulele alfa sau beta acționează asupra moleculelor bromurii de argint. După revelare și fixare, pe această placă rămîn urme ale particulei care a trecut prin emulsie.

Metodele cele mai răspîndite de înregistrare a radiației radioactive se bazează pe proprietățile ei ionizante. Dacă lîngă un electroscop încărcat se pune o substanță radioactivă, electroscopul se descarcă. Sub acțiunea radiațiilor, aerul, care este un izolator destul de bun, devine conductor de curent electric.



Pe baza acestui principiu, Marie și Pierre Curie au construit un aparat pentru aprecierea cantitativă atît a intensității radiațiilor, cît și a substanței radioactive. Schema lui este foarte simplă. Constă din două plăci metalice, separate între ele printr-un strat de aer; la placa inferioară se conectează un pol pozitiv al unei baterii, iar cea superioară se leagă printr-un electrometru la pămînt. Dacă între plăci se introduce o substanță radioactivă oarecare, săgeata electrometrului va devia de la zero și va arăta că între plăci circulă curent. Cu cît va fi mai multă substanță radioactivă între plăci, cu atît va devia mai mult săgeata electrometrului.

Aproximativ pe același principiu este construit aparatul cel mai răspîndit în prezent pentru identificarea și înregistrarea radioactivității, denumit contorul Geiger-Müller. Acesta reprezintă un tub metalic gol, pe axa căruia este întins un fir metalic. Tubului i se aplică o tensiune negativă, iar firului una pozitivă. Spațiul interior al contorului este umplut cu un amestec de gaze. Atunci cînd în interiorul contorului pătrunde o particulă beta, ea provoacă ionizarea gazului, iar ionii formați se deplasează corespunzător cu semnul sarcinii spre anod sau catod. Între electrozii contorului circulă un curent, care este înregistrat printr-un

dispozitiv de înregistrare. Timpul de declanșare a contorului este foarte mic, și de aceea cu ajutorul său se pot „număra" pînă la 1 000 000 de particule pe secundă.

Cu ajutorul aparatelor descrise se pot însă „vedea" numai atomii radioactivi. Ce se poate face însă dacă trebuie deosebiți diferiții izotopi radioactivi într-un amestec? De exemplu, uraniul și radiul sînt ambii emițători alfa, și spintariscopul nu ne arată deosebiri între particulele alfa ale uraniului și particulele alfa ale radiului. Tot împreună vor fi înregistrate și particulele beta în cazul în care, să zicem, studiem un amestec de izotopi radioactivi ai fosforului și ai iodului.

S-a constatat că această problemă poate fi rezolvată numai determinînd principalele caracteristici ale elementelor radioactive sau ale izotopilor prezenți, perioadele lor de înjumătățire. Pentru aceasta, în majoritatea cazurilor, izotopii trebuie separați unul de celălalt.

Povestea Cenușăresei și contemporaneitatea

Vă amintiți cum, în cunoscutul basm pentru copii, Cenușăreasa trebuia să aleagă linte dintr-un sac de cenușă? Povestirea plină de talent a fraților Grimm despre soarta orfanei nu poate să nu înduioșeze pe micii cititori. Este însă îndoielnic că ei își reprezentau concret cît de grea era munca Cenușăresei.

Să facem o mică socoteală. Să presupunem că fiecare firicel de cenușă este de o mie de ori mai mic decît un bob de linte. Atunci, dacă se amestecă uniform un sac de cenușă și un sac de linte, la fiecare mie de fire de praf de cenușă revine numai un bob de linte. Fără îndoială că un asemenea amestec este greu de separat.

Imaginați-vă însă că în condițiile moderne, în cursul funcționării unui reactor nuclear, dintr-un gram de uraniu se obțin 10^{-6} grame dintr-un izotop radioactiv oarecare. Aceasta ar corespunde cu amestecarea de către o mamă vitregă a unui sac de linte cu o mie de saci de cenușă!

Cenușăreasa a fost ajutată de niște porumbei fermecați. Radiochimiștii contemporani nu-i au. Mai mult, separarea izotopilor radioactivi în acest raport cantitativ se complică prin faptul că în soluții ei există în concentrații deosebit de mici, de ordinul 10^{-10} — 10^{-16} grame la litru. În aceste con-

diții elementele pierd numeroase proprietăți specifice (de obicei utile) și capătă altele noi, care nu favorizează separarea lor. Asemenea cantități nu pot fi separate, de exemplu sub formă de precipitat, prin metodele chimice obișnuite. Mai trebuie adăugat că în urma reacțiilor de fisiune nu se formează un singur izotop radioactiv, ci mai bine de 30, aparținînd diferitelor elemente ale sistemului periodic (de la zinc la gadoliniu). Aceasta este cu mult mai rău decît mii de saci de cenușă. „Cenușăresele“ moderne au găsit însă o ieșire din această situație.

La începutul secolului nostru, chimistul german Otto Hahn a încercat să separe plumbul radioactiv de cel neradioactiv. Doi ani de muncă încordată n-au dat nici un rezultat: prin nici un fel de experiențe chimice izotopii nu puteau fi separați între ei. În cele din urmă Hahn s-a dat bătut.

Tocmai această stare de lucruri este utilizată deseori în prezent pentru separarea izotopilor radioactivi. Pentru a se obține un izotop radioactiv, prezent în amestec în cantitățile cele mai mici, amestecului i se adaugă un izotop stabil al aceluiași element, apoi se utilizează reacțiile chimice caracteristice numai pentru el.

Să admitem că avem în amestec izotopi radioactivi ai cesiului, bariului și argintului. În acest caz în soluție se adaugă izotopii lor stabili, care apoi se separă succesiv. Această metodă de separare a căpătat denumirea de precipitare cu purtători. Nu întotdeauna este însă obligatoriu să se adauge în soluția care conține elementul radioactiv chiar izotopul stabil al acestui element. El poate fi înlocuit cu un element care se aseamănă cu el ca proprietăți chiar numai parțial. Astfel, pentru separarea plutoniului de uraniu s-a utilizat inițial proprietatea plutoniului tetravalent de a coprecipita cu fluorura de lantan. Separarea izotopilor în stare radiochimică pură (adică lipsiți de impurități ale altor izotopi radioactivi) s-a dovedit, așadar, o problemă nu prea dificilă pentru radiochimiști.

Una dintre primele metode de separare a izotopilor radioactivi fără purtător a fost metoda reculului. Esența ei constă în următoarele. În cursul reacțiunii nucleului atomului cu particula cu care este bombardat, atomul capătă o energie cinetică suplimentară, adică tocmai energia particulei în mișcare, care îl ajută, plastic exprimat, „să se smulgă din îmbrățișările“ legăturilor chimice cu alți atomi. Deoarece atomul care s-a smuls este de obicei ionizat, lipsit de o parte

din electronii săi, dacă se utilizează proprietățile ionilor de a fi atrași de sarcini de semn opus, acești atomi pot fi „colectați" pe plăci încărcate negativ. În felul acesta au fost pentru prima oară separați și identificați un număr de numai 17 atomi ai elementului mendeleeviu. Uneori pot fi utilizate și metode mai simple. Astfel, la bombardarea oxidului de magneziu cu deuteroni după reacția



$$26_{Mg} + d \rightarrow 24_{Na} + \alpha$$

se obține un izotop radioactiv al sodiului, care poate fi separat din țintă în mod foarte simplu cu apă, deoarece oxidul de magneziu este insolubil în apă.

„FABRICA" DE IZOTOPI

Îndată ce oamenii de știință au obținut primii izotopi radioactivi artificiali, s-a lămurit că cele mai avantajoase din punct de vedere energetic sînt reacțiile în care nucleele reacționează nu cu particule încărcate, ci cu particule neutre, cu neutroni. Despre aceste reacții va fi vorba mai jos.

Neutronii și uraniul

Din punct de vedere istoric, prima reacție nucleară care a dus la identificarea neutronilor a fost reacția particulelor alfa cu beriliul. Totuși, după cum s-a constatat ulterior, neutronii se pot obține și pe alte căi, de exemplu prin reacția:



$$^{11}_{5}B + ^{4}_{2}He \longrightarrow ^{14}_{7}N + ^{1}_{0}n.$$

Este cunoscut încă un procedeu care duce la nașterea neutronilor. Astfel ei apar prin acțiunea protonilor asupra unei ținte care conține un izotop al litiului:



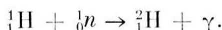
$$^{7}_{3}Li + ^{1}_{1}H \longrightarrow ^{7}_{4}Be + ^{1}_{0}n.$$

Neutronii obținuți prin reacții diferite au viteză diferită și energii diferite.

Neutronii s-au dovedit a fi „proiectile" minunate pentru „bombardarea" nucleului atomic. Ei nu au sarcină și, prin urmare, nu vor fi respinși, ca particulele alfa sau protonii, de nucleele încărcate pozitiv. Oamenii de știință au luat imediat neutronul în „arsenalul" lor. Dintre aceștia, primul a fost fizicianul italian Enrico Fermi. Ca rezultat al experiențelor lui s-a lămurit că majoritatea elementelor sistemului periodic reacționează cu neutronii. Deosebit de bine decurgeau reacțiile nucleare cu așa-numiții neutroni lenți.

Din fizică se știe că dacă o bilă care se rostogolește se ciocnește de una imobilă, cantitatea cea mai mare de energie (sau viteza maximă) va fi căpătată de bila imobilă în caz că masele ambelor bile sînt egale. Același lucru s-a întîmplat și cu neutronii. Cel mai bine au fost încetiniți aceștia în ciocnirile cu nucleele atomilor de hidrogen.

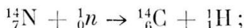
În acest caz se poate însă produce în același timp și reacția:



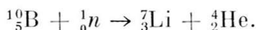
$$^{1}_{1}H + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{2}_{1}H + \gamma.$$

În prezent, cei mai buni moderatori pentru neutroni sînt considerați apa grea, care conține în compoziția ei, în loc de hidrogen obișnuit, atomii izotopului acestuia, deuteriul $^{2}_{1}D$, precum și grafitul. Atît deuteriul, cît și grafitul practic nu reacționează cu neutronii, adică nu-i absorb, ci doar îi încetinesc.

Ca rezultat al captării de către nuclee a neutronilor lenți (sau în general a oricăror neutroni), cel mai adesea este emisă o cuantă gama și se formează izotopi ai acelorași elemente, dar cu un indice de masă mai mare cu o unitate. În anumite cazuri însă, după captarea neutronului lent, poate fi emis din nucleul excitat format un proton sau o particulă alfa:



$$^{14}_{7}N + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{14}_{6}C + ^{1}_{1}H;$$



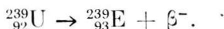
$$^{10}_{5}B + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{7}_{3}Li + ^{4}_{2}He.$$

La începutul anului 1934, Fermi a început să studieze acțiunea neutronilor lenți asupra nucleului de uraniu. Rezultatele acestor experiențe au întrecut toate așteptările: în produsele reacției s-a reușit să se identifice izotopii necunoscuți ai unor elemente oarecare care emit particule beta. Care însă? S-a presupus că reacția uraniului cu neutronii se produce după schema



$$^{238}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{239}_{92}U + \gamma.$$

Dar izotopul format, care după socoteala lui Fermi trebuia să fie uraniu, nu era stabil și emitea ușor particule beta:



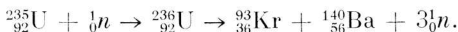
$$^{239}_{92}U \rightarrow ^{239}_{93}E + \beta^{-}.$$

De aceea Fermi a emis ideea că în reacția uraniului cu neutronii se formează un element nou, care nu se întîlnește în natură, situat în sistemul periodic după uraniu. Și, cu

toate că primul element transuranic — neptuniul — a fost ulterior obținut tocmai prin acest procedeu, s-a constatat că elementul care apărea în experiențele lui Fermi nu era de fel neptuniul...

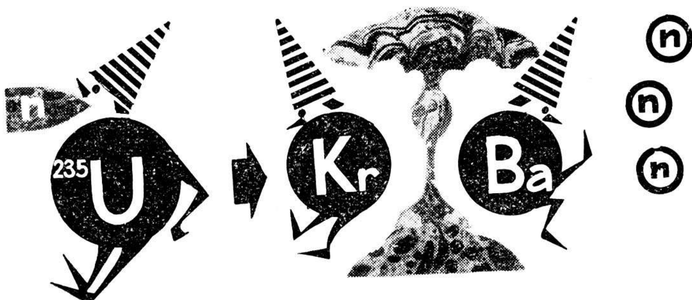
Ce anume se obține ca rezultat al „bombardării" uraniului cu neutroni au încercat să lămurească savantul francez Frédéric Joliot-Curie și sîrbul Savici. Ei au ajuns la o concluzie neașteptată: în produsele reacției uraniului cu neutronii era prezent elementul 57 — lantanul. Era un fapt uimitor și de neînțeles: s-a căutat un element transuranic (situat în tabloul periodic mai departe decît uraniul) și s-a găsit un element de la mijlocul tabloului. Acest fenomen de neînțeles a fost explicat abia în 1939 de către radiochimiștii germani Hahn și Strassmann.

După cum au lămurit acești savanți, uraniul natural este alcătuit dintr-un amestec a trei izotopi, cu indicii de masă 238, 235 și 234. Primul dintre aceștia, uraniul 238, există în uraniul natural în proporție de 99,28%; uraniul 235 numai în proporție de 0,71%, iar uraniul 234 într-o proporție și mai mică. S-a constatat că cu neutronii lenți uraniul 235 reacționează în chip foarte original. Are loc o reacție nucleară cu totul nouă. Nucleul format al izotopului de uraniu 236, în loc să emită particule beta, se descompune în două fragmente cu masă aproximativ egală, o dată cu „nașterea" simultană a doi sau trei neutroni. Schema acestei reacții a uraniului 235 cu neutronul poate fi prezentată în modul următor:



$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{236}_{92}U \rightarrow ^{93}_{36}Kr + ^{140}_{56}Ba + 3^{1}_{0}n.$$

În această reacție se degajează o energie uriașă, iar fragmentele formate se împrăștie cu viteză mare în diferite părți.



Aceasta a făcut ca oamenii de știință să se gîndească la posibilitatea desfășurării unei reacții înlănțuite. Într-adevăr, neutronii degajați puteau să reacționeze mai departe cu alte nuclee de uraniu. N-a trecut multă vreme și în 1942, pentru prima oară în istoria omenirii, oamenii au reușit să pornească prima reacție nucleară înlănțuită.

Cum arată o „fabrică“ de izotopi

Să încercăm să analizăm mai amănunțit reacția dintre nucleele uraniului 235 și neutroni. În această reacție, pentru fiecare neutron consumat apar doi sau trei noi. Trebuie însă luate în considerare cîteva împrejurări.

În primul rînd, se formează neutroni „rapizi“, care au energii mari și, pentru ca aceștia să poată reacționa cu noile nuclee ale uraniului 235, ei trebuie încetiniți.

În al doilea rînd, amestecul natural de izotopi ai uraniului conține mai ales izotopul cu indicele de masă 238, care de asemenea poate reacționa cu neutronii (vezi ecuația precedentă).

Și, în al treilea rînd, dacă cantitatea de uraniu care participă la reacția nucleară nu este mare, neutronii formați pot să nu întîlnească în calea lor nici un atom de uraniu 235 și să se împrăștie în afara limitelor blocului de uraniu, fără a mai produce nici o fisiune în plus.

Evident că, pentru ca reacția de fisiune înlănțuită să se desfășoare cu succes, trebuie luați în considerare toți acești factori.

S-ar părea că cel mai simplu este să se separe uraniul 235 de uraniul 238. Atunci, într-o masă mare de substanță neutronii nu ar mai putea să iasă în afara limitelor blocului de uraniu fără a realiza în drum nici o fisiune. Nu este nevoie nici de un moderator special de neutroni: chiar nucleele uraniului ar scoate-o la capăt cu această sarcină.

Uraniul 235 este însă extrem de greu de izolat în stare cu totul pură. Pentru izolarea izotopilor nu pot fi utilizate metodele chimice și trebuie să ne bizuim numai pe diferențele foarte neînsemnate dintre proprietățile lor fizice. În afară de aceasta, deoarece datorită fisiunilor succesive numărul neutronilor crește în avalanșă, nu există nici un fel de posi-

bilitate de a dirija această reacţie. Bucata noastră de uraniu ar exploda momentan, imediat ce am mări masa lui critică[1].

Tocmai pe acest principiu se bazează bomba atomică. Se iau două bucăţi de uraniu (îmbogăţit cu izotop $^{235}_{92}U$) cu mase mai mici decît cea critică, însă cu o masă totală care să întreacă pe cea critică, şi se pun la o distanţă oarecare una de cealaltă. La un moment dat, cu ajutorul unui mecanism special, ambele bucăţi de uraniu se unesc; se produce creşterea rapidă a numărului de neutroni (şi, prin urmare, a fisiunilor) şi deci explozia.

Aici trebuie să ne abatem puţin de la obiectivul nostru principal şi să vorbim despre o proprietate importantă pe care o au nucleele atomilor elementelor chimice. În prezent se ştie că nucleul oricărui atom are diametrul de 10^{-13}—10^{-12} cm. De aceea se poate admite că suprafaţa secţiunii transversale a nucleului este pentru toate nucleele de aproximativ 10^{-24} cm^2. Această unitate a căpătat în fizica nucleară denumirea specială de „barn". Neutronul însuşi are aproximativ aceeaşi suprafaţă a secţiunii transversale.

Şi iată că, studiind reacţia neutronilor cu diferitele nuclee, oamenii de ştiinţă au observat o particularitate interesantă. S-a constatat că nucleele diferitelor elemente nu se comportă la fel în reacţia cu neutronii: unele parcă se micşorează la apropierea neutronilor de ele, iar altele devin „mai groase".

Să încercăm să explicăm acest fenomen într-un mod intuitiv. Să presupunem că bombardăm monede de cinci bani, care se găsesc pe o masă la o distanţă oarecare una de cealaltă, cu nişte bobiţe sferice avînd acelaşi diametru ca monedele de cinci bani. În acest caz sînt posibile numai două variante: unele sfere vor nimeri în monede, iar altele în spaţiile dintre ele.

Nu acelaşi lucru se întîmplă în reacţia nucleelor cu neutronii. Să ne închipuim că în momentul apropierii bobiţelor monedele de cinci bani care se găsesc culcate pe masă s-au aşezat deodată pe muchie — în acest caz un număr cu mult mai mare de sfere va nimeri în locurile goale, decît în monede. Ne putem imagina că în momentul apropierii bobiţelor monedele noastre de cinci bani au început deodată să crească şi au crescut pînă la dimensiunile unor farfurioare sau far-

---

[1] Masa critică este cantitatea minimă de material fisionabil în care mai poate avea loc reacţia înlănţuită.

furii. Atunci aproape toate bobițele vor nimeri în ele și numai puține — pe partea de masă neacoperită de monede.

Exact la fel se comportă nucleele unor elemente în reacția cu neutronii. De pildă, secțiunea reacției în reacția neutronilor cu oxigenul este de numai 0,00022 barn, adică se creează impresia că nucleul de oxigen „a slăbit" de cinci mii de ori (cu condiția desigur, ca orice ciocnire a unui neutron cu nucleul să ducă la reacție). Pe de altă parte, secțiunea unei reacții analoge, în cazul gadoliniului, este 30 de mii de barni; nucleul parcă „s-a lățit" de treizeci de mii de ori. Pentru amestecul natural de izotopi de cadmiu secțiunea reacției este de 2 900 barni. Această comportare a unor substanțe poate fi utilizată pentru absorbția neutronilor, despre care se va vorbi mai departe.

Acuma știm destul pentru a ne putea reprezenta cum lucrează „fabrica" de izotopi. Această „fabrică" poartă numele de reactor nuclear. În centrul lui se găsesc niște bare de uraniu incluse în învelișuri metalice, confecționate cel mai adesea din aluminiu. Uraniul care se găsește în bare este îmbogățit cu uraniu 235. Barele sînt separate între ele prin straturi de grafit, care servesc drept moderator de neutroni. În grafit sînt făcute găuri și pentru barele de cadmiu care sînt necesare pentru reglarea reacției nucleare. Grafitul este de obicei înconjurat de straturi de reflector — o substanță care reflectă bine neutronii emiși. Toate acestea sînt înconjurate cu un strat gros de beton, prin care nu poate „pătrunde" radiația emisă în reacțiile nucleare.

Cum funcționează această „fabrică"? Sînt așezate barele de uraniu. Cîtă vreme barele de cadmiu sînt introduse complet în grafit, practic, toți neutronii sînt absorbiți de către ele. După aceea barele se ridică lent și începe reacția de fisiune a uraniului. Imediat însă ce apare un număr prea mare de neutroni, barele de cadmiu sînt din nou introduse în grafit. Această reglare se efectuează pînă atunci cînd așa-numitul coeficient de înmulțire a neutronilor devine egal cu unitatea: pentru un neutron consumat se formează altul nou, capabil să efectueze o nouă fisiune nucleară.

Ca rezultat al reacțiilor nucleare ce se desfășoară în uraniu se formează izotopi radioactivi ai numeroaselor elemente care se găsesc la mijlocul sistemului periodic. În „fragmentele" de fisiune se pot identifica izotopi ai elementelor cu numere de ordine de la 30 (zinc) la 63 (europiu). Izotopii celorlalte elemente se obțin prin așa-numitele reacții de scin-

dare a uraniului. Drept „proiectile" servesc în acest caz protonii de energii înalte, accelerați la viteze mari în acceleratori speciali.

Un reactor cu putere de 1 000 de kilowați dă la fiecare 24 de ore circa un gram și jumătate de diferite fragmente de fisiune.

În afară de formarea de izotopi radioactivi, la funcționarea reactorului nuclear se degajează o cantitate uriașă de căldură. Într-adevăr, se știe că energia cinetică a fragmentelor de fisiune împrăștiate se apropie de $3{,}2 \cdot 10^{-4}$ ergi. Cu prilejul fisiunii unui gram de uraniu, conținînd $2{,}5 \cdot 10^{21}$ nuclee $^{235}_{92}U$, se degajează o energie egală cu $8 \cdot 10^{17}$ ergi, sau 22 de mii de kilowatt-ore. De aceea reactorul în funcțiune trebuie răcit, iar apa poate fi utilizată în turbine electrice cu vapori. Astfel, simultan cu producția izotopilor radioactivi, reactorul nuclear poate servi automat ca centrală atomică electrică. Desigur, tocmai acesta este principalul său scop.

Această „fabrică" minunată nu numai că ne dă izotopii radioactivi necesari în diferitele ramuri ale științei și tehnicii, nu numai că ne dă posibilitatea de a obține energie electrică, ci în plus... se și autoasigură cu combustibil!

În reacția izotopului uraniului 238 cu neutronii se formează un izotop nestabil de uraniu cu indicele de masă 239. Acest izotop se transformă prin emiterea succesivă a două particule beta în elementul 94, plutoniul, care are o perioadă de înjumătățire destul de mare, egală cu 24 de mii de ani.

Plutoniul este foarte asemănător cu uraniul în ceea ce privește comportarea în procesele de fisiune și poate fi utilizat ca „combustibil" în locul uraniului 235, care este puțin răspîndit. Reactorul cu puterea de 1 000 de kilowați poate, în procesul de fisiune a unui gram de uraniu, să dea la fiecare 24 ore, circa 2 grame de plutoniu, adică să înlocuiască cu prisosință pierderile de uraniu 235. Aceste reactoare, care funcționează după principiul refacerii combustibilului nuclear, au căpătat denumirea de „breader"-e sau regeneratoare.

Fără îndoială că reactoarele nucleare, care degajează o cantitate uriașă de căldură, permițînd obținerea unor izotopi radioactivi și reproducînd combustibilul nuclear, au un mare viitor în utilizarea pașnică a energiei atomice.

SECOLUL ELEMENTELOR ARTIFICIALE

În 1937, în ciclotronul Universității din California s-au născut primii atomi ai unui element care nu a fost identificat niciodată și de nimeni înainte în natură. Acest eveniment a deschis secolul elementelor artificiale.

Autorii descoperirii — italienii Perrier, Segré și Cacciapuoti — lucrau în micul orășel universitar Berkeley din Statele Unite. Timp de cîteva luni a fost bombardată într-un ciclotron, cu nuclee de hidrogen greu, o placă mică de molibden. Oamenii de știință sperau să identifice vreun nou izotop radioactiv. Speranțele lor au fost confirmate. Contorul a indicat descompunerea unor izotopi necunoscuți. Aceștia au fost trecuți repede în soluție și supuși unui studiu perseverent. În curînd s-a lămurit că izotopii aparțin unui element nou care nu se întîlnește în natură.

Primul element artificial născut în însorita Californie s-a dovedit a fi un adevărat sudic. Atomii lui iradiau un suflu radioactiv fierbinte, ceea ce era un fel de avertisment cu privire la teribilele forțe ascunse în interiorul nucleului atomic.

Noul element se descompunea rapid și, pentru efectuarea unor experiențe radiochimice precise, era nevoie de o tehnică măiastră. Ca proprietăți, primul element artificial amintea reniul și manganul. Deoarece el s-a format prin iradierea atomilor de molibden cu o sarcină de nucleu egală cu 42 de nuclee de hidrogen greu cu sarcină pozitivă, nu mai încăpea îndoială că, în sfîrșit, se obținuse elementul 43 — insesizabilul ekamangan al lui Mendeleev.

În următorii trei ani, Glenn Seaborg și colaboratorii săi reușiră să obțină trei alte elemente care nu se întîlnesc în natură: nr. 61 în 1937, nr. 87 în 1939 și nr. 85 în 1940. Ca rezultat, în sistemul periodic, între hidrogen și uraniu, au dispărut toate locurile libere.

Această scurtă perioadă de sinteze reușite a fost precedată de aproape 70 de ani de cercetări perseverente și de decepții deseori neașteptate.

„Eldorado"-ul elementelor dispărute

Anul 1869. Tînărul Mendeleev, care tocmai descoperise legea periodicității, prezisese că chimiștii vor identifica în curînd în natură elemente noi. După cîțiva ani, francezul Boisbaudran, suedezul Nilson și germanul Winkler descoperiră ekaaluminiul, ekaborul și ekasiliciul lui Mendeleev. Încă vreo 12 ani și în sistemul periodic se situară cu succes gazele inerte, iar în 1921 își găsi locul ei permanent familia pămînturilor rare.

Sistemul periodic, împestrițat înainte de căsuțele albe ale elementelor necunoscute, se transformă într-un dreptunghi plin de simboluri chimice, a cărui continuitate logică riguroasă reflecta legea de bază a naturii anorganice. Cu toate acestea, în 1925 încă se mai puteau găsi patru locuri libere.

Căsuțele neocupate ale tabloului erau în atenția chimiștilor din toate țările și continentele. Declarații în legătură cu noile elemente veneau una după alta. Fiecare se grăbea să-și asigure prioritatea dorită. Treceau însă doar cîțiva ani și comunicările erau dezmințite. Alternarea permanentă între succesele de scurtă durată și decepțiile neașteptate semăna cu febra aurului din nuvelele lui Jack London.

Din zeci de comunicări, nici una nu a fost vreodată confirmată. Ulterior s-a constatat că pînă și cele mai migăloase cercetări erau de la început condamnate la eșec.

Explicația a fost dată în lucrările fizicianului german Mattauch. Studiind stabilitatea diferiților izotopi, el a arătat că elementele 43 și 61 trebuie să aibă numai izotopi radioactivi nestabili.

În acea perioadă s-a precizat ferm că izotopii tuturor elementelor cu numerele de ordine mai mari de 83 sînt nestabile. De aceea, în natură, elementele 85 și 87 pot exista numai în cazul în care timpul în care ele se descompun complet este mai mare decît vîrsta Pămîntului sau dacă ele se formează continuu și în zilele noastre prin descompunerea unor alte elemente radioactive. Aceste posibilități puteau fi prevăzute și pentru elementele 43 și 61.

Cei șaptezeci de ani de cercetări fără rezultat au infirmat prima posibilitate. În produsele de descompunere a cunoscutelor elemente radioactive — uraniul, toriul și actiniul — nu s-a reușit să se identifice nici măcar urme de izotopi ai elementelor cu numerele de ordine 43, 61, 85 și 87. Dacă ei se formează la descompunerea uraniului, toriului și actinouraniului, perioada lor de înjumătățire este prea mică, iar izotopii dispar imediat fără să fi reușit să se acumuleze într-o concentrație decelabilă și se transformă în alții mai stabili. Identificarea lor în materialele naturale prin metodele obișnuite ar fi aproape imposibilă.

Dezamăgirea oamenilor de știință a fost totuși de scurtă durată. Exact după trei ani, în fizică și chimie a început secolul elementelor artificiale.

Tehnețiul, Promețiul, Astatiniul, Franciul...

Imediat după tehnețiu (nr. 43) a fost sintetizat insesizabilul element 61. Izotopii lui se formau la bombardarea cu nuclee de hidrogen a elementului nr. 60 din familia pămînturilor rare — neodimul. Particule cu o sarcină pozitivă, accelerate în ciclotron, contopindu-se cu atomii de neodim, au dat nuclee noi cu sarcina 61.

Se poate considera că elementul nr. 87 este cunoscut încă din 1914. Atunci trei chimiști vienezi, S. Meyer, F. Hess și F. Paneth, au atras atenția că actiniul pur se descompune în două direcții. Cu toate că cea mai mare parte a lui emite particule beta, unii atomi, mai puțin de 1%, emițînd particule alfa, trec în izotopi radioactivi nestabili cu sarcina nucleului 87 — actiniul K. În acea vreme era însă greu de crezut că izotopi care se descompun rapid pot reprezenta un element independent în tabloul periodic. În curînd a început războiul și izotopii de-abia obținuți au fost dați uitării timp îndelungat.

În 1939 — de astă dată în toiul celui de-al doilea război mondial — pariziana Marguerite Perrey a repetat vechile experiențe. Acum nu mai avea îndoieli că actiniul cu sarcina 89, emițînd nucleul de heliu cu sarcina 2, trece într-un nou element — elementul 87.

Aproape în același timp, în orășelul american Berkeley, în care se găsește Universitatea din California, sub condu-

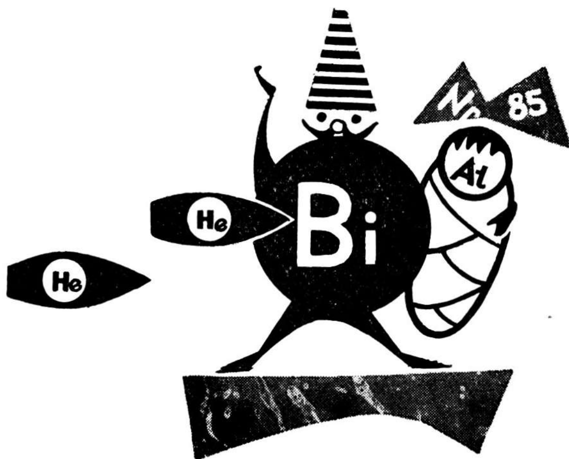
cerea lui Lawrence, se terminase construcția unui mare ciclotron de 60 de țoli. În curînd în el au luat naștere cele mai grele elemente de pe Pămînt. Deocamdată în ciclotron a fost bombardat cu nuclee de heliu bismutul metalic. Din țintă, după o rapidă prelucrare chimică, s-a reușit să se separe ultimul element artificial, cu numărul de ordine mai mic de 92 — elementul 85.

În acest caz nu se putea porni de la elementul 84 — poloniul. Acesta este el însuși radioactiv și există pe Pămînt în concentrație foarte mică. Trebuia „omis" un număr și luată o țintă alcătuită din bismut (nr. 83). Pentru a completa insuficiența a două sarcini pozitive, ținta de bismut a fost bombardată cu nuclee de heliu, ca rezultat apărînd atomii unui nou element, cu numărul de ordine 85.

Astfel în patru ani s-a epuizat definitiv „Eldorado"-ul elementelor dispărute.

La început nimănui nu i se părea curios că noile elemente nu au denumiri chimice.

Primul a atras atenția asupra acestui fapt profesorul Paneth într-o mică notiță din revista londoneză „Nature". La 4 ianuarie 1947, în „Nature" a apărut scrisoarea de răspuns a lui Perrier și Segré. Ei au propus ca elementul 43 să se numească tehnețiu. În același timp a fost publicată o notă a lui Corson și MacKenzie cu propunerea de a denumi ele-



mentul 85 astatiniu, de la „astatos", în limba greacă „nestabil". Marguerite Perrey a hotărît să dea elementului 87 numele patriei sale — franciu.

Nu mult mai tîrziu, elementul 61 a fost numit prometiu, în cinstea titanului mitologic Prometeu, care a răpit zeilor focul şi l-a dăruit oamenilor.

În zilele noastre se produce în cantitate relativ mare numai tehneţiul. El se formează în reactoarele atomice prin fisiunea uraniului: 26 de miligrame de tehneţiu la fiecare gram de uraniu 235.

Tehneţiul este situat în grupa a şaptea a sistemului periodic, între mangan şi reniu. În ce priveşte proprietăţile chimice, tehneţiul aminteşte cel mai mult reniul. Ca şi reniul, el se precipită din soluţiile alcaline cu hidrogen sulfurat.

Abia în ultimii ani s-a stabilit că pertehnetaţii — compuşii cristalini ai tehneţiului, cu nuanţe frumoase, vii — pot apăra fierul de rugină. Tehneţiul radioactiv a ajutat să se înţeleagă natura proceselor de coroziune şi mecanismul protecţiei împotriva ei. Cu ajutorul contorului Geiger se pot urmări diversele deplasări ale atomilor de tehneţiu atunci cînd pe o suprafaţă metalică are loc lupta complexă între oxigen, umiditate şi ionii de pertehnetat.

Dacă tehneţiul a fost obţinut pe Pămînt pe cale artificială, descoperirea unor cantităţi mari din elementul 43 în atmosfera unor stele a produs o adevărată senzaţie. Deoarece perioada de înjumătăţire a acelui izotop de tehneţiu care trăieşte cel mai mult este de numai 216 000 de ani, iar vîrsta stelelor se numără în cifre cu adevărat astronomice, a rămas să se admită că elementul ia naştere continuu în stele şi în zilele noastre. La rîndul său, acest fapt a ridicat perdeaua ce acoperea taina provenienţei elementelor chimice.

În reactoarele atomice se acumulează de asemenea şi alt element artificial — prometiul. Acesta este un metal din seria pămînturilor rare, trivalent. El formează o clorură frumoasă, de culoare galbenă şi un azotat roz. Proprietăţile lui se aseamănă foarte mult cu proprietăţile elementelor pămînturilor rare vecine — ale neodimului şi samariului.

În zilele noastre, numele prometiului este legat de bateriile atomoelectrice, care transformă energia fisiunii radioactive în curent electric. O astfel de baterie, de mărimea unui nasture minuscul, poate funcţiona fără „reîncărcare" timp de cinci ani. Baterii de prometiu înseamnă elegante

aparate de radio de mărimea unei broșe, aparate auditive miniaturale și aparatura electronică miniaturală a rachetelor cosmice.

În prezent se consideră că tehnețiul și promețiul se formează continuu în natură în procesul de fisiune spontană a uraniului. Din cauza perioadelor mici de înjumătățire însă, aceste elemente nu se pot acumula în cantități apreciabile: un gram de uraniu conține simultan numai 0,000 000 000 000 000 01 (10^{-17}) grame de promețiu și încă și mai puțin tehnețiu. Identificarea acestei cantități cu ajutorul metodelor obișnuite este aproape imposibilă: ea se descompune total în timpul separării chimice.

La fel de instabile sînt și alte două elemente — astatiniul și franciul. Teoretic ele trebuie să fie conținute în produsele de fisiune a uraniului: la un miliard de părți de uraniu, cîteva părți de franciu și o cantitate și mai mică de astatiniu. De aceea proprietățile astatiniului și franciului au fost foarte puțin studiate.

Pînă la sinteza lui, astatiniul era considerat un halogen necunoscut (asemănător cu iodul). În realitate s-a dovedit că el are proprietăți metalice și se aseamănă mai mult cu poloniul și bismutul. Astatiniul se precipită din soluții acide cu hidrogen sulfurat și poate fi separat electrolitic. Totodată, amintind halogenii, astatiniul formează compusul HAt, asemănător cu compusul HJ al iodului.

Elemente mai grele decît uraniul

A doua naștere a tehnețiului, promețiului, astatiniului și franciului, dispărute de pe suprafața Pămîntului, a fost o scurtă introducere în sinteza elementelor mai grele decît uraniul. Timp îndelungat ele fuseseră căutate fără succes în natură.

Elementul 93 a fost considerat la început un analog al manganului și reniului.

De cîteva ori s-a anunțat descoperirea lui de către cercetători din diferite țări. Aceste comunicări erau însă premature. În curînd s-a lămurit că perioadele de înjumătățire ale elementelor mai grele decît uraniul trebuie să fie de asemenea de multe **ori** mai mici decît vîrsta Pămîntului.

În vara anului 1934, în revista „Nature" a apărut o notă a lui Enrico Fermi, care, prin conținutul ei, nu era de loc banală. Iradiind cu neutroni uraniul, el reușise să obțină artificial primul element mai greu decît acesta. Experiențele lui Fermi au fost confirmate, exact după un an, de către Otto Hahn și Lise Meitner. Ei considerau că, prin bombardare, uraniul trece în elementele 93—96. La 19 martie 1937, cu ajutorul contorului Geiger conectat la un difuzor, Rutherford a demonstrat la Societatea regală britanică activitatea mărită a uraniului natural iradiat cu neutroni.

În 1939 s-a stabilit că, absorbind neutroni, nucleele de uraniu se scindează în două jumătăți aproximativ egale. Elementele nr. 93—96 s-au dovedit a fi de fapt izotopi ai lantanului, ceriului, bariului, stronțiului, de mult descoperiți și studiați...

În fisiunea nucleului se degajează o cantitate mare de energie și cîțiva neutroni liberi. Jumătățile „fierbinți" ale nucleului de uraniu zboară în părți opuse. Neutronii sînt absorbiți de nucleele vecine, iar acestea se scindează și ele la rîndul lor. Apare o avalanșă de neutroni și procesul de fisiune crește mereu, transformîndu-se, în momentul critic, într-o explozie cu o forță monstruoasă...

Încercarea de a se obține elemente transuranice marchează începutul erei atomice. Din acel moment comunicările despre sinteza unuia sau altuia din elementele transuranice oarecare sînt fragmente ale istoriei creșterii puterii omului asupra energiei nucleului atomic.

Enrico Fermi, laureat al premiului Nobel, „părintele erei atomice", era în 1933 perfect convins că elementele mai grele decît uraniul vor putea fi obținute în curînd în mod artificial.

Ținînd seama de locul elementelor 93 și 94 din sistemul periodic, s-ar fi putut aștepta ca ele să semene cu reniul și osmiul. Structura stratelor de electroni sugera însă posibilitatea unor devieri. Nu cumva aceste elemente vor face începutul unei grupe noi, asemănătoare cu aceea a pămînturilor rare? — se întrebau cercetătorii. În 1941 Maria Heppert-Mayer, fizician teoretician, a dovedit pe cale matematică că o astfel de grupă este posibilă.

Interesul cercetătorilor era însă îndreptat în special asupra procesului de fisiune a nucleelor de uraniu ca sursă a unor uriașe cantități de energie. Procesul de fisiune a fost studiat deosebit de amănunțit de savanții americani.

În 1939 cîțiva fizicieni de la Universitatea din California au măsurat distanțele pe care le parcurg fragmentele rezultate din fisiune, căutînd să determine energia lor. Edward MacMillan a identificat într-un strat subțire de uraniu fisionat noi particule grele. Acestea erau izotopii elementului 93, formați la captarea neutronilor lenți de către nucleele de uraniu.

În 1940 a fost dovedită chimic existența unui nou element — neptuniul. Ca proprietăți, el amintește mai mult uraniul decît reniul și manganul. Astfel s-a confirmat ipoteza existenței unei noi grupe de elemente transuranice.

Aproape în aceleași zile uraniul natural a fost bombardat în ciclotron cu nuclee de hidrogen greu. Neptuniul format, emițînd particule beta, s-a dezagregat, obținîndu-se astfel elementul 94 — plutoniul. În produsele de fisiune a fost identificat apoi izotopul plutoniu 239, care era scindat de către neutronii lenți tot atît de ușor, ca și uraniul 235.

La 18 august 1942 Cunningham și Werner au obținut aproximativ 500 de milionimi de gram de săruri pure de plutoniu. Din această cantitate, cu greu s-ar fi putut obține chiar o gămălie de ac. Ea s-a dovedit totuși suficientă pentru a efectua un studiu amănunțit al tuturor proprietăților principale ale noului element. La sfîrșitul anului 1942, adică după 18 luni din ziua descoperirii, plutoniul putea fi considerat unul dintre elementele chimice cele mai studiate.

Noi pași dincolo de uraniu

Sinteza tuturor celorlalte elemente transuranice este legată de numele fizicianului american Glenn Seaborg. Această sinteză este de fapt o excursie tehnică — bine gîndită și pregătită cu extremă precizie — în țara necunoscută a atomilor supergrei.

În labirintul complicat al reacțiilor nucleare, drept „fir al Ariadnei“ a slujit analogia proprietăților elementelor transuranice. Fiecare dintre aceste elemente, cu o anumită valență, seamănă cu alte elemente, mai ușoare și mai grele, cu aceeași valență. Devierile sistematice, crescînd cu fiecare element, formează o succesiune precisă de proprietăți fizice și chimice.

Și încă o coincidență fericită. Noua grupă este foarte asemănătoare cu familia clasică a pămînturilor rare. Astfel,

elementele pămînturilor rare sînt antrenate de solvenți de pe rășinile schimbătoare de ioni (de exemplu de pe cationit) într-o ordine strictă care nu e încălcată niciodată. Această ordine se păstrează și la elementele transuranice. În primele porții de solvent se găsesc totdeauna cele mai grele dintre ele. În același timp, metoda cu schimbători de ioni prezintă o mare sensibilitate. Cu ajutorul ei se pot separa între ei chiar cîțiva atomi. De aceea existența aproape a tuturor elementelor transuranice a fost dovedită cu ajutorul rășinilor schimbătoare de ioni.

Cînd plutoniul a încetat să mai fie un material deficitar, el a fost imediat utilizat pentru sinteza elementelor 95 și 96. Aceasta s-a produs nu mult înainte de sfîrșitul celui de-al doilea război mondial. Ținta de plutoniu a fost iradiată timp îndelungat cu particule alfa și pe rășina schimbătoare de ioni din produsele reacției nucleare a fost izolat un nou element, nr. 96, denumit curiu, în cinstea primilor cercetători ai transformărilor nucleare, Marie și Pierre Curie.

Puţin mai tîrziu Seaborg a preparat izotopul plutoniu 241. Acesta, emițînd electroni, s-a transformat în elementul 95 — americiu. Prima cantitate măsurabilă de americiu a fost obținută de Cunningham. Preparatul lui Cunningham a fost bombardat cu neutroni și din el, în 1945, Werner și Perlmann au separat curiu pur.

După cîtva timp s-au putut obține simultan cîteva miligrame de americiu și curiu, bombardînd plutoniul cu neutroni. Pentru studiul amănunțit al proprietăților acestor elemente au fost însă necesari 5—6 ani.

Apoi țintele de curiu și de americiu au fost utilizate, la rîndul lor, pentru sinteza elementelor 97 și 98. Sinteza a fost efectuată în ciclotronul de 60 de țoli la Universitatea din Berkeley — California. Particulele alfa rapide, pătrunzînd în țintă, au dat de fiecare dată izotopi cu un număr de ordine mai mare cu două unități decît al elementului inițial. A rămas numai să se separe rapid noile elemente din produsele radioactive și, în sfîrșit, să li se dea un nume.

Cînd denumirile tuturor planetelor de după Uranus din sistemul solar au fost „epuizate“, s-a recurs la ajutorul „genealogiei“ analogilor din familia pămînturilor rare. Elementele 95, 96 și 97 corespundeau europiului, gadolinului, yterbiului, elemente numite astfel în cinstea continentului Europa, a finlandezului Gadolin, primul cercetător al familiei pămînturilor rare, și a orașului suedez

Ytterby. Elementele transuranice au căpătat denumirile Americii, ale primilor cercetători ai transformărilor nucleare, soţii Curie, şi a orăşelului universitar Berkeley. Acest sistem a putut fi extins într-un mod şi mai original la elementul 98. Ca proprietăţi el aminteşte disprosiul — în limba greacă „greu accesibil". Seaborg şi Ghiorso au ieşit rapid din încurcătură. Ei au ţinut seama de faptul că cu o sută de ani în urmă statul lor natal era foarte greu accesibil şi au dat numele lui noului element, care s-a numit californiu.

Născut din pîntecele balaurului

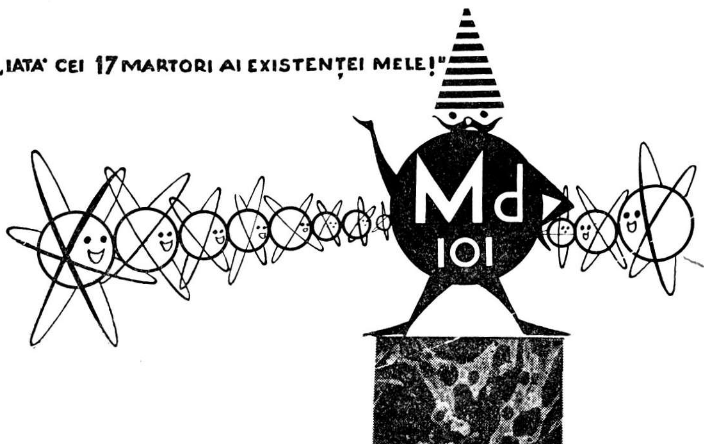
În noiembrie 1952, într-o regiune îndepărtată a Oceanului Pacific, s-a înălţat pînă la cîţiva kilometri deasupra apei ciuperca unei explozii termonucleare: Statele Unite efectuau experienţa „Mike". Prin norul exploziei au trecut cu viteză uriaşă avioane reactoare cu filtre de hîrtie fixate în camere speciale. Simultan produsele radioactive au fost colectate într-un mic atol care se găsea în apropiere. Materialele au fost trimise pentru studiu în diferite laboratoare din S.U.A.

La Berkeley, grupa lui Seaborg a reuşit să identifice imediat în ele atomii unui nou element. Pentru a-l obţine în cantitate mai mare, pe atolii din apropierea locului de explozie au fost colectate sute de kilograme de corali. Sub denumirea convenţională „noroi de valoare", produsele radioactive erau trimise la o tratare ulterioară. „Noroiul" era într-adevăr scump. Din el au fost separate imediat elementele 99 şi 100 — einsteiniul şi fermiul.

Glenn Seaborg consideră că einsteiniul este ultimul element care poate fi obţinut în cantitate mai însemnată. Perioada de înjumătăţire a elementelor mai grele este prea mică şi ele se descompun instantaneu.

În sunetul clopotului de incendiu

În 1955 a fost efectuată experienţa cea mai delicată şi mai perfectă din istoria elementelor transuranice. Ca rezultat, ultimul element stabilit în mod cert al tabloului perio-



dic modern a fost confirmat pe baza a nu mai mult de 17 atomi.

Imediat au apărut greutăți. Nu existau speranțe să se separe elementul 101 pe rășini schimbătoare de ioni. Se aștepta o perioadă de înjumătățire prea mică, mai puțin de 10 minute. Ținta însăși era alcătuită dintr-o cantitate extrem de mică de californiu — circa 1 miliard de atomi. Se considera că chiar prin bombardarea ei timp de multe ore cu un fascicul de particule alfa nu se va obține decît un atom al elementului 101.

După toate probabilitățile se putea conta pe o confirmare doar după energia particulelor alfa emise. A intervenit însă o asemănare fatală. Gazul radioactiv radon, prezent în aer într-o concentrație aproape nedecelabilă, descompunîndu-se, emite particule alfa cu aceeași energie.

A apărut totuși o nouă posibilitate, și anume tocmai cînd experiențele erau în toi. S-a constatat că elementul 101 se transformă rapid în fermiu (nr. 100) ai cărui atomi pot fisiona spontan. Fragmentele radioactive ionizează particulele de aer și contorul fixează un salt evident al ionizării.

Elementul 101 a fost indentificat într-o noapte de neuitat, după îndelungate încercări fără rezultat, despre care nimeni

nu poate povesti mai bine decît un participant direct la experiență — Glenn Seaborg:

„În laboratorul nostru domnea o atmosferă de deprimare. Încercînd să sintetizăm și să identificăm elementul 101, efectuasem o serie de experiențe foarte minuțioase care s-au dovedit neizbutite. În sfîrșit, s-a făcut ultima experiență, pe baza căreia numai cu mare greutate se putea prevedea posibilitatea unei oarecare reușite. În cel mai bun caz, proba infimă preparată de noi putea să conțină unul sau doi atomi ai elementului 101, care ne aluneca printre degete. Așteptam, ținîndu-ne respirația, indicațiile aparatului legat de camera de ionizare... A trecut o oră. Noaptea era pe terminate. Așteptarea părea fără de sfîrșit. Și, în sfîrșit, acul înregistrator se deplasă cu hotărîre spre mijlocul scalei, apoi reveni înapoi, trasînd o linie roșie subțire. Un asemenea salt al ionizării nu a fost niciodată constatat la cercetarea materialelor radioactive naturale... După toate aparențele, era verosimil să se considere că acest salt este într-adevăr un semnal al scindării așteptate. Observarea continuă. Aproximativ peste o oră acul înregistră un al doilea asemenea salt. Acum eram convinși că asistăm la descompunerea a doi atomi ai elementului 101 și că-l putem introduce în lista existentă a elementelor chimice".



Încă un amănunt amuzant. Contorul era conectat la un asurzitor clopot de pompieri. Naşterea fiecărui nou atom al elementului 101 era însoţită de un dangăt puternic şi de exclamaţii radioase.

Elemenul 101 a primit numele lui Mendeleev. În prezent se pot obţine peste 100 de atomi de mendeleeviu dintr-o dată.

Cele mai tinere

În 1957 au apărut în presă comunicări asupra sintezei elementului 102. Cercetătorii suedezi l-au denumit nobeliu. Savanţii sovietici, în frunte cu G.N. Flerov, şi cei americani au obţinut alţi izotopi ai elementului 102.

În 1961 a apărut o comunicare asupra sintezei elementului 103, denumit lawrenciu (în cinstea creatorului ciclotronului — Lawrence).

De curînd a fost realizată[1] şi sinteza elementului 104.

---

[1] „La Institutul unificat de cercetări nucleare de la Dubna a fost obţinut un nou element radioactiv. Timpul de înjumătăţire este de 0,3 secunde. Sinteza unui atom din acest element se face în 5 ore prin bombardarea plutoniului 242 cu ioni de neon 22. În timpul experienţelor au fost obţinute peste 150 nuclee din noul element. După părerea oamenilor de ştiinţă sovietici, analiza datelor obţinute şi experienţele de control efectuate duc cu o mare certitudine la concluzia că acesta este un izotop al elementului 104, cu greutate atomică 260, din sistemul periodic al lui Mendeleev. Acest element nu era cunoscut pînă acum". („Scînteia", nr. 6384, 1964. — *N.t.*).

DUŞMANI SAU PRIETENI ?

Lucrurile s-au întîmplat în primăvara anului 1954. Un mic vas japonez pescuia pe întinderile Oceanului Pacific. Pescarii avuseseră noroc: în cală se zbăteau 40 de tone de peşte, iar timpul promitea să rămînă şi mai departe tot atît de frumos. Nu degeaba acest vas se numea „Daigo fukuriumaru“, ceea ce înseamnă „Dragonul fericit“. Stăpînul îşi freca mîinile, calculînd în minte totalul cîştigului, cînd deodată zîmbetul Fortunei fu înlocuit cu o grimasă duşmănoasă.

Nenorocirea i-a lovit ca un trăsnet.

În ziua de 1 martie, la ora 4 dimineaţa, cerul se lumină pe neaşteptate la orizont: era o lumină neobişnuit de puternică. După cîteva clipe se auzi un tunet asurzitor. Între orele 6 şi 7 dimineaţa Soarele se întunecă. Din cerul acoperit de nori începu să cadă o zăpadă uimitoare, uscată, ca hîrtia. Fulgii albi zburau atît de dens, încît prin perdeaua lor nu puteai vedea nici la doi paşi. Acoperind cu un strat des puntea corăbiei, fulgii intrau în toate crăpăturile, acopereau ochii şi urechile marinarilor, se depuneau în păr, pătrundeau în plămîni, se strecurau sub îmbrăcăminte, rămîneau în cutele ei. Nu trecuseră nici 3—4 ore şi marinarii căpătară dureri de cap îngrozitoare, însoţite şi de vomitări. Echipajul se simţea atît de prost, încît nu mai putu să-şi continue munca. Proprietarului nu-i ajută la nimic enervarea: singurul lucru ce-i rămînea de făcut era să se întoarcă la ţărmul japonez.

Pentru cochilia pe care nu rămăsese un membru sănătos al echipajului, drumul de la insulele Marshall pînă la farurile Ţării Soarelui Răsare n-a fost nici uşor şi nici rapid. De abia la 13 martie „Dragonul fericit“ ajunse în portul Yaidza. Ascultînd scurta povestire a căpitanului, oficialităţile îşi dădură imediat seama despre ce era vorba. Suferinzii fură

imediat internați în spital, iar „Dragonul fericit" trebui să fie ars.

Uimitoarea zăpadă se dovedi a fi cenușă radioactivă. După șapte luni, cu toate măsurile luate, radistul vasului, Kuboiama, muri în urma unor grave leziuni la ficat. Boala se desfășura într-o formă foarte grea și la alți 22 de marinari. Și nu e de mirare. După calculele oamenilor de stiință, îngrozitoarea cenușă avea activitatea radiului pur. Jumătate de tonă din acest praf este suficient pentru a distruge orice viață pe un teritoriu de 250 000 de kilometri pătrați, adică mai mult decît suprafața Marii Britanii. Doza de radiații primită de marinarii japonezi timp de un mare număr de ore a fost de cîteva sute de röntgeni, și, după cum se știe, o doză de numai 600 de röntgeni este absolut mortală pentru om. Este adevărat că simptomele iradierii fuseseră intensificate de faptul că numeroase substanțe radioactive pătrunseseră înăuntrul organismului o dată cu hrana infectată cu cenușă radioactivă, și aceasta timp de aproape două săptămîni, pînă cînd marinarii ajunseseră în sfîrșit în portul japonez. O cantitate considerabilă de depuneri radioactive fusese spălată de apă de pe bord. Ce s-ar fi întîmplat însă, în aceleași condiții, pe uscat?

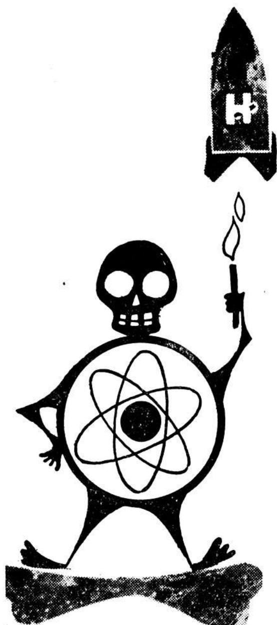
Atomul distrugător

Cauza tragediei a fost operația „Castle". Sub acest cifru figura în documentele secrete americane efectuarea unei explozii experimentale a unei bombe mixte, atomice și termonucleare, pe atolul Bikini, care se găsește în arhipelagul Insulelor Marshall. După efectuarea „reușită" a operației, în locul unei insulițe de coral a rămas o pîlnie larg deschisă cu un diametru de peste 2 kilometri și cu o adîncime de 60 de metri. Deasupra Oceanului Pacific a crescut un nor în formă de ciupercă de dimensiuni colosale: înălțimea lui era de 40 de kilometri, iar lățimea în partea de sus — („pălăria" ciupercii) de 160 de kilometri.

Sfera de foc cu un diametru de mulți kilometri, asemănătoare ca strălucire cu mii de sori, care s-a aprins la cîteva secunde după explozie, avea în centru o temperatură de ordinul unui miliard de grade. Nu este greu de înțeles că această explozie orbitoare a fost văzută de către marinarii

care se găseau la o distanță de 130 de kilometri de la epicentru.

Douăzeci de milioane de tone de sol s-au înălțat în aer, atît de mare era forța fără seamăn a exploziei.



O expertiză specială a stabilit ulterior că cenușa radioactivă consta din carbonat de calciu pe care se depuseseră produsele de fisiune. Aceasta înseamnă că insula de coral a fost topită de explozie și transformată instantaneu în praf de îngrozitoarea undă de șoc. La o oră după explozie, radioactivitatea norului a atins mărimi de necrezut: 1 000 de miliarde de curie. Pentru a obține o asemenea iradiere ar fi nevoie de un milion de tone de radiu!

Nu pentru prima oară s-a ridicat deasupra planetei spectrul morții și al distrugerii sub forma unei îngrozitoare umbrele de ciupercă. Omenirea nu va uita dimineața fatală de 6 august 1945, cînd prima bombă atomică, adusă la țintă pe bordul bombardierului american B-29 „Enola Gay", a transformat Hiroshima într-un morman de ruine fără viață. După trei zile, ciuperca otrăvitoare a exploziei atomice a crescut deasupra unui alt oraș japonez, Nagasaki. Sute de mii de jertfe omenești — acesta este rezultatul uriașei catastrofe.

Cu trei ani înainte de Hiroshima, un savant italian plin de viață, Enrico Fermi, pusese în funcțiune pe pămîntul american primul reactor atomic din lume. Acesta fusese un eveniment sărbătoresc în viața oamenilor de știință: în sfîrșit, omul reușise să pună frîu forței distrugătoare a atomului dezlănțuit! Fără să bănuiască, oamenii intraseră în secolul atomic. Omul devenise stăpînul unor uriașe rezerve de energie, ascunse în fărîme de substanță. Chiar o privire din cele mai perspicace greu putea să cuprindă orizonturile

imense care se deschiseseră înaintea omenirii prin victoria asupra atomului.

Chiar de atunci însă, năzuințele luminoase ale oamenilor de știință au fost întunecate de presimțirea că ceva nu era în regulă. Forțe negre s-au grăbit să ia în mîinile lor atomul, care de abia ieșise din leagăn, pentru a-i îmbrăca tunica militară. Atomul a devenit un prizonier în cazematele secrete ale Pentagonului. Protestele oamenilor de știință s-au dovedit neputincioase. Și iată că de la primii pași ai tînărului Hercule — cum s-a dovedit atomul nou-născut — planeta s-a cutremurat. Secolul atomic a început cu bombele atomice. Omenirea, adînc impresionată, a întrebat cu neliniște și speranță: cine este acest nou Hercule: un prieten sau un dușman?

Oare într-adevăr forța gigantică a atomului descătușat este menită să semene moartea și distrugerea? N-o putem face oare să mute munții în interesul muncii creatoare?

Atomul creator

De-a lungul întregii sale istorii, de la focurile oamenilor primitivi pînă la explozia bombei atomice, omenirea a străbătut un drum greu în căutarea unor noi surse de energie. Energia pune în mișcare mașini, ne dă lumină, căldura ne hrănește, ne încălzește, ne înarmează în lupta pentru dominarea naturii. Fiecare treaptă în drumul spre progres și civilizație este legată de căutarea unei noi surse de energie. Să ne amintim roata hidraulică, aripile morii de vînt, mașina cu abur, în sfîrșit motorul electric. Ele sînt acelea care au dus la revoluția industrială ce a schimbat într-un mod de nerecunoscut raportul de forțe în străvechea luptă a omenirii cu stihiile oarbe ale naturii. Energia este poate criteriul cel mai semnificativ al forței fiecărei țări. Să însemne oare noul triumf al minții omenești — stăpînirea energiei atomice — capătul acestui drum? Se poate oare găsi măcar un singur om cu mintea întreagă care să dorească asta?!

Cîte năzuințe, cîte planuri leagă de atom omenirea iubitoare de pace!

După calculele savantului atomist francez F. René, în zilele noastre patru cincimi din întreaga energie produsă în lume se obține pe seama arderii combustibilului: cărbune

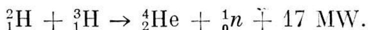
de piatră, petrol, gaz, turbă, şisturi bituminoase. Energia hidroelectrică, ca şi forţa musculară a omului, acoperă cel mult 2% din bilanţul energetic total. Cealaltă parte a energiei, adică circa 15% se obţine din arderea lemnului şi a deşeurilor producţiei agricole. Pentru a asigura cererea mereu crescîndă de energie, extracţia mineralelor combustibile trebuie să crească continuu. Dar rezervele de combustibil din scoarţa pămîntească nu sînt de loc nelimitate!

După calculele lui F. René, în anul 2000 necesarul mondial de energie va fi de 6—8 ori mai mare decît în prezent. Aşadar, mai curînd sau mai tîrziu, toate rezervele de combustibil care s-au acumulat în comorile naturii timp de aproape un sfert de miliard de ani vor fi total epuizate. Cine oare, dacă nu atomul, are menirea să devină salvatorul omenirii?

Rezervele mondiale de uraniu şi toriu — principalele sortimente de „combustibil" nuclear — corespund unei cantităţi de energie care întrece de 20—30 de ori rezervele de combustibil clasic existente în prezent sub picioarele noastre. Cu alte cuvinte, „combustibilul" atomic va scoate din încurcătură omenirea pentru sute de ani.

Desigur că şi materia primă atomică va fi epuizată într-o bună zi. Dar aceasta nu va fi nici o nenorocire. Tot atomul îi va scoate pe oameni din încurcătură, dar de astă dată el va juca alt rol.

Uraniul şi toriul reprezintă o sursă de energie, produsă în procesul de fisiune a nucleului. Energia termonucleară se bazează însă pe sinteză, adică pe combinarea, pe contopirea nucleelor elementelor uşoare, de exemplu a izotopilor de hidrogen. Izotopii de hidrogen — deuteriul, $^{2}_{1}H$, şi tritiul, $^{3}_{1}H$ — reprezintă un „combustibil" cu adevărat miraculos în ceea ce priveşte calităţile sale. La contopirea nucleelor acestor izotopi între ei apar neutronii $^{1}_{0}n$ şi nucleul unui nou element — heliul, $^{4}_{2}He$:

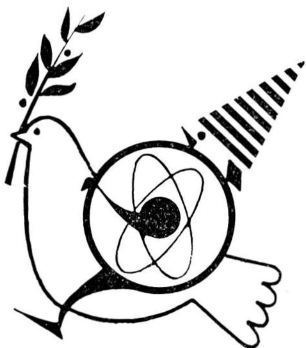


$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n + 17\ MW.$$

Adnotaţia modestă „17 MW" înseamnă că naşterea fiecărui gram de heliu este însoţită de degajarea instantanee a unei cantităţi fantastice de energie: 170 000 de kilowaţi!

Acest gen de procese se desfăşoară înăuntrul Soarelui şi al stelelor îndepărtate. Reacţia „stelară" se întîlneşte tot mai des şi în condiţii pămînteşti. Explozia orbitoare a bombei

de hidrogen, care transformă totul în scrum, nu este altceva decît un Soare în miniatură pe Pămînt. Din păcate, ea este de scurtă durată și distrugătoare. Atunci cînd explozia termonucleară violentă, sălbatică, va putea fi înlocuită cu un proces calm, dirijat, problema foamei energetice va fi rezolvată. Și, într-adevăr, în natură este deuteriu cît poftești! La fiecare 6 000 de nuclee de hidrogen din oceanul mondial revine un nucleu de deuteriu. Scoțînd o căldare de apă, noi nici nu bănuim că în ea este ascunsă o energie egală cu căldura rezultată la arderea a 4 tone de petrol!



Acest combustibil va fi de ajuns pentru nenumărate generații de urmași ai noștri timp de sute de milioane de ani, oricît de intens s-ar dezvolta energetica.

Va veni o zi și fierbintele soare termonuclear, strîns într-un nod de foc de către liniile de forță magnetice astfel încît să nu mai aibă puterea de a topi și evapora pereții depărtați ai camerei, va începe, ascultător, să dea omului imensele rezerve de energie obținute din apa obișnuită. Nu este exclus ca pînă în 20 de ani — termenul a fost indicat de academicianul N.N. Semionov — această problemă să fi fost rezolvată. Atunci conștiința savanților va fi liniștită. Va înceta să-i frămînte gîndul că descoperirea cea mai de seamă a secolului nostru poate fi utilizată numai în dauna oamenilor.

Exploratorii adîncurilor nucleare sînt nerăbdători într-un chip modern. Fără a mai aștepta să fie puse în funcțiune centralele electrice termonucleare, ei studiază de pe acum posibilitatea utilizării pașnice a atomului cu destinație militară.

Într-adevăr, cu ajutorul exploziilor bombelor termonucleare se pot crea uriașe rezervoare subpămîntene de căldură, care ar putea să alimenteze timp de mai multe luni cu energia degajată o centrală termoelectrică egală în capacitate cu centrala hidroelectrică Bratsk. În afară de aceasta, în uriașele pîlnii formate prin exploziile bombelor termonucleare poate fi dirijată apa de mare și obligată să rotească turbinele instalate pe margini. În sfîrșit, explozia atomică poate constitui un sprijin în lucrările tehnice. O singură bombă atomică putînd să încapă în geanta unui elev, înlocuiește 1 000 de tone de trotil, pentru transportul căruia ar fi necesară o întreagă garnitură de cale ferată.

Atomul fisionat ascunde în sine posibilități incalculabile, care pot și trebuie să fie dirijate spre binele omenirii.

O însușire perfidă

Dar cum stau lucrurile cu radiațiile radioactive?

În prezent știm că radiația duce la schimbări în structura moleculelor care participă la activitatea vitală a organismului. În urma particulelor atomice care pătrund în interiorul unei celule vii rămîn fragmente de molecule „mutilate". Aceste fragmente sînt foarte active. Ca rezultat poate interveni un deranjament serios al metabolismului. Chiar dacă radiația atomică se termină fără îmbolnăviri, ea poate să influențeze lamentabil sănătatea urmașilor noștri, deoarece în interiorul celulelor se produc variații ale proprietăților ereditare ale organismului.

Nu cumva această perspectivă mohorîtă este menită fiecăruia care lucrează cu substanțe radioactive? — Desigur că nu.

Oamenii au învățat să facă radiațiile radioactive complet inofensive. În calea dușmanului invizibil se ridică piedici de nepătruns sub forma unor ecrane construite din plumb, din beton și din alte materiale.

În prezent, sensibilitatea la radiații a organismului omenesc a fost studiată destul de bine. Pe baza faptelor acumulate în multe țări, s-a admis o limită de toleranță, adică o doză de radiații care este total suportabilă. În Uniunea Sovietică ea este de 0,03 röntgen pentru o întreagă zi de lucru. Dar chiar această doză inofensivă este micșorată de mii de ori cu ajutorul unor dispozitive ingenioase (ecrane, manipulatoare, „mîini" automate).

Atomul – medic și agronom

Încă la 6 iunie 1905, Pierre Curie, în discursul cu ocazia decernării premiului Nobel, a comunicat în fața Adunării Academiei de Științe din Stockholm că, sub acțiunea radiațiilor radiului, creșterea țesuturilor atacate de cancer s-a încetinit, iar uneori a încetat total. S-a constatat că celulele tinere ale tumorilor maligne în creștere rapidă se caracterizează printr-o sensibilitate mărită la radiații. Asupra lor radiația radioactivă acționează mortal, menajînd în același timp țesuturile sănătoase vecine.

În zilele noastre, tratamentul îmbolnăvirilor de cancer cu ajutorul „esculapilor" radioactivi a devenit un domeniu deosebit al medicinii — radioterapia. Numai că radiul și razele Röntgen au fost înlocuite cu mijloace mai active, de exemplu cu cobaltul radioactiv. 30 de grame de cobalt 60 emit aceeași cantitate de radiații ca o bucată de radiu în greutate de cîteva kilograme. Nu trebuie pierdut din vedere că în întreaga lume s-au extras pînă astăzi numai circa $2\frac{1}{2}$ kilograme de radiu.

Se deosebesc două metode principale de radioterapie: intratisulară și iradierea externă. În primul caz, în tumoare se introduce o sursă de radiații, de exemplu sub forma unor ace dintr-o sîrmă specială de cobalt-nichel, bombardată în prealabil cu neutroni. Neutronii transformă cobaltul obișnuit în „tizul" său radioactiv — cobaltul 60. Această metodă este utilizată în special pentru iradierea tumorilor exterioare. În al doilea caz se utilizează o instalație specială de iradiere de la distanță, așa-numitul „tun" de cobalt. Acestuia nu-i pot rezista nici cei mai îngrozitori dușmani ai sănătății: cancerul pulmonar, cancerul esofagului, sarcomul oaselor și alte boli ale organelor interne.

Astfel, în lupta între două spectre ucigătoare — radiația radioactivă și cancerul — victoria revine vieții.

În știință și în tehnică, în agricultură și în industrie — peste tot se utilizează radiațiile radioactive!

Se cunoaște paguba pe care o aduc agriculturii insectele dăunătoare. Ele mănîncă o cantitate de alimente atît de mare, încît cu ea s-ar putea hrăni suplimentar 200 de milioane de oameni! Este adevărat că insectele și larvele lor pot fi distruse prin mijloace chimice. Nu este un secret,

totuși, că multe produse chimice sînt dăunătoare organismului omenesc.

În ajutor ne vin radiațiile gama. Supunînd acestor radiații depozite întregi de grîne, se poate scăpa cu totul de consumatorii nepoftiți. Sub acțiunea radiațiilor gama sau a unui flux de electroni, pier și microorganismele care provoacă stricăciuni, putrezire. De exemplu, după iradierea gama, cartoful se poate păstra cu succes aproape doi ani. Aceasta permite să se renunțe la frigiderele scumpe. Și mai importantă este utilizarea metodelor radioactive pentru sterilizarea medicamentelor.

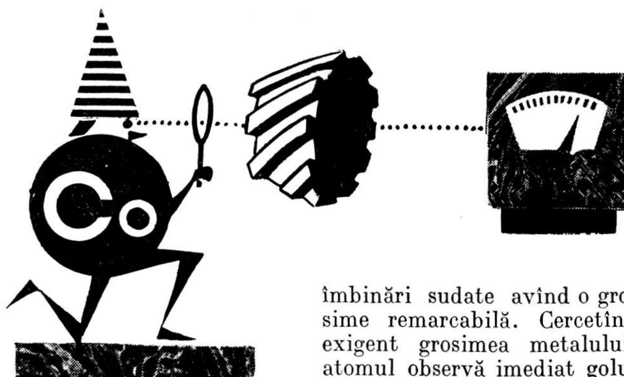
Față de colegul lui — atomul-medic — nici atomul-agronom nu rămîne în urmă.

Atomul – inginer

...Nava cosmică se apropie de țintă. Deodată presiunea din cabina astronautului scade brusc. Totul este clar: în învelișul navei cosmice a apărut o fisură. Nu-i nimic de făcut, trebuie să te întorci pe Pămînt și să intri în reparație. După cum se constată, cauza avariei au fost fisuri în învelișul rachetei, invizibile din afară. Din cauza unei fisuri oarecare să se producă o avarie în cosmos! Dacă nu ar exista „ochiul atotvăzător" al atomului-inginer, aceasta s-ar produce cu adevărat. Ochiul acesta ne permite însă să privim în interiorul piesei și să lămurim dacă ea nu conține fisuri sau pori trădători.

Metoda de verificare a omogenității structurii interioare a pieselor metalice cu ajutorul radiațiilor gama e numită de ingineri defectoscopia gama. Care este esența ei?

Fiecare dintre noi a fost într-un cabinet Röntgen. După imaginea de pe ecran, ochiul experimentat al medicului determină imediat dacă plămînii noștri sînt în ordine sau nu. Razele Röntgen se utilizează și în industrie: este vorba despre defectoscopia Röntgen. Astfel, defectoscopia gama nu este altceva decît o variantă a utilizării industriale a razelor Röntgen, numai că este mai bună și mai sigură. Să judecăm. În primul rînd o instalație Röntgen scumpă a fost înlocuită cu un preparat ieftin de cobalt radioactiv. În al doilea rînd, radiația gama a cobaltului pătrunde în metal la o adîncime pînă la 15 centimetri, pe cînd razele Röntgen pătrund pînă la cel mult un centimetru. Acest lucru este foarte important. Se poate astfel controla calitatea produselor, de exemplu a unor piese turnate sau a unor



îmbinări sudate avînd o grosime remarcabilă. Cercetînd exigent grosimea metalului, atomul observă imediat golurile, crăpăturile sau alte defecte care provoacă neomogenitatea materialului. Semnalul de alarmă este dat de un contor special, care înregistrează toate variațiile intensității fluxului de radiații gama.

Acest gen de „ochi care vede tot" ocupă un loc de frunte printre procedeele industriale de utilizare a izotopilor radioactivi. Pe toate șantierele conductelor de gaze ce se construiesc în Uniunea Sovietică se utilizează defectoscopia gama. Economiștii au calculat că dacă s-ar trece de la metodele tradiționale de selecție mecanică pentru verificarea calității pilonilor de beton la controlul prin defectoscopie gama, aceasta ar aduce țării un cîștig deosebit de însemnat.

Iată și alt exemplu. Pentru operatorul de la o mașină de abataj este greu și uneori de-a dreptul imposibil să urmărească poziția corectă a instrumentului de tăiere. Cea mai mică neprecizie în dirijare, o neatenție întîmplătoare — și fălcile mașinii nimeresc în roca sterilă. Cărbunele se impurifică cu o rocă inutilă, lanțurile mașinii se rup, munca suferă o întrerupere îndelungată.

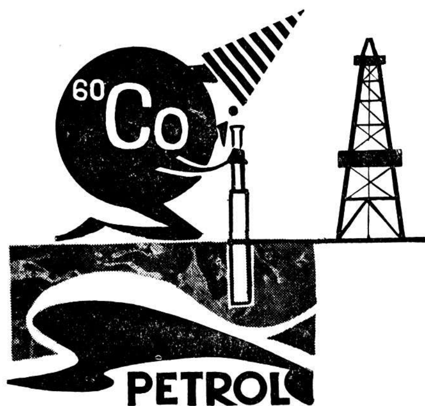
Cu toate acestea avariile pot fi ușor evitate. Există aparate radiometrice care urmăresc, fără intervenția omului, poziția instrumentului de tăiere a mașinilor de foraj. „Călăuza" atomică conduce cu precizie combina, menținînd-o în partea necesară a graniței „cărbune-rocă".

Ar fi greu de găsit un domeniu al tehnicii în care să nu se poată introduce serviciul pașnic al radiațiilor atomului. Întrebați-l pe un geolog explorator ce este carotajul cu neu-

roni. Ar fi de mirare ca acesta să nu aducă laude acestui procedeu eficient și comod de explorare a petrolului. Și nu numai a petrolului: manganul și wolframul, cobaltul și cadmiul, mercurul și borul sînt un sortiment întreg de comori ascunse în tainițele subpămîntene ale naturii, pe care le descoperă „ochiul atotvăzător" al atomului. Și ceea ce este cel mai remarcabil, pentru descoperirea comorilor subpămîntene nu este de loc necesară scoaterea unor probe de roci din adîncuri. Tot ceea ce e necesar pentru explorare este coborîrea în puț, în urma instrumentului de forare, a unei minuscule sonde atomice. Metoda se bazează pe proprietatea rocilor de a difuza în mod diferit fluxul de neutroni emis de sursă. Rezultatele iradierii cu neutroni a stratelor întîlnite sînt înregistrate de contor și se transmit prin conductori electrici la suprafața Pămîntului. Acolo, după caracterul curbelor trasate de aparatele autoînregistratoare, geologii determină imediat prin ce straturi a trecut sonda.

Acum, cînd în Uniunea Sovietică au fost elaborate planuri de forare ultraadîncă (5 sonde cu adîncime de circa 15 kilometri fiecare), atomul are de jucat un rol hotărîtor în cercetarea „interiorului" Pămîntului.

Măsurarea nivelului lichidului în rezervoare închise, determinarea uzurii instrumentelor de tăiere, constatarea



scurgerilor de gaz din conductele subpămîntene, verificarea stării căptușelii refractare cu care este căptușită gura încălzită a furnalului, controlul înnămolirii porturilor, căutarea unor surse de aprovizionare cu apă, neutralizarea sarcinilor electricității statice care prezintă un pericol de incendiu, toate aceste probleme sînt rezolvate mai simplu și mai sigur atunci cînd de ele se ocupă atomul-inginer, cu „antenele" lui nevăzute — radiațiile radioactive.

Atomul – chimist

Radiațiile radioactive reprezintă un mijloc cu adevărat miraculos în mîinile chimistului. Cu ajutorul lor se produc metamorfoze uimitoare. Sub acțiunea radiațiilor zahărul se transformă în acid, uleiul de ricin se solidifică, pielea devine impermeabilă, parafina se schimbă într-o substanță asemănătoare cauciucului, benzenul se combină simplu cu clorul, dînd un insecticid eficace. Dacă se acționează cu radiații nucleare asupra apei, molecula de apă H_2O se descompune în fragmente. Fragmentele reacționează între ele, formînd hidrogenul H_2, oxigenul O_2 și apa oxigenată H_2O_2. În soluții apoase aceste particule reacționează nu numai între ele, ci și cu substanțele dizolvate. Astfel, din benzen se obține fenolul — o materie primă tehnică de neînlocuit.

Recent savanții sovietici au făcut o descoperire interesantă: capacitatea apei de a se scinda sub acțiunea radiațiilor gama poate fi utilizată pentru obținerea curentului electric. Într-o soluție de acid sulfuric se cufundă doi electrozi, făcuți din materiale diferite. Fragmentele formate prin iradierea soluției — atomii de hidrogen și radicalii de hidroxil — ajung, bineînțeles, la electrozi diferiți. Atomii de hidrogen, cedînd electronul lor unuia dintre electrozi, se transformă în ionii de H^+ și ies în soluție. Electronii se deplasează prin electrod, trec în circuitul exterior, apoi ajung la al doilea electrod. Aici ei sînt captați de radicalii OH care au ajuns la al doilea electrod, după care, sub forma ionilor OH^-, sînt de asemenea îndepărtați în soluție. Diferența de potențial care apare la electrozi condiționează deplasarea continuă a sarcinilor electrice, adică curentul electric.

Această descoperire are o importanță principială; în acest element electrochimic cu radiații se produce transformarea directă a energiei atomice în energie electrică. Drumul este

parcurs fără transbordări; se evită necesitatea unor unități intermediare, de exemplu mașini termice, cu ajutorul cărora de obicei energia atomică se transformă în energie electrică, cum se întîmplă în centralele atomoelectrice.

De cînd lumea, pentru sinteza unor noi compuși chimici s-a recurs la acțiunea comună a căldurii, presiunii și catalizatorilor. În prezent, radiațiile ionizante concurează cu succes pe acești ajutori clasici ai chimistului. De studierea acțiunii radiațiilor radioactive asupra diferitelor substanțe se ocupă o ramură tînără, însă promițătoare a științei — radiochimia. Un sprijin deosebit de prețios îl prezintă metodele radiochimice în producția polimerilor.

Polimerizarea reprezintă un proces înlănțuit care începe cu formarea radicalului. Radicalii se obțin însă cel mai ușor prin acțiunea radiațiilor nucleare.

Radicalul apărut sub acțiunea radiației adiționează pas cu pas moleculele compusului inițial. Este suficient să apară un singur radical ca să se pornească un proces înlănțuit și să se formeze zeci de mii de legături succesive. Nu este de loc obligatoriu ca radicalul să apară chiar din aceeași substanță care se polimerizează. Uneori este mai convenabil ca el să fie desprins de la alți compuși ce se descompun mai ușor sub acțiunea radiațiilor.

Acest fel de polimerizare prezintă mari avantaje. Se pot polimeriza substanțe care altfel se pretează greu la aceasta. Se poate accelera considerabil desfășurarea procesului la o temperatură relativ joasă. În sfîrșit, se poate dirija ușor desfășurarea procesului. Cu ajutorul radiațiilor nucleare se pot îmbunătăți și proprietățile polimerilor finiți.

Polimerii au diferite calități. Unii sînt duri, însă casanți. Alții nu se tem de șocuri, dar sînt moi. Alții nu se tem de foc, dar sînt insuficient de rezistenți.

Ce se întîmplă în caz că este necesară obținerea unei substanțe care să fie în același timp rezistentă, necasantă și neinflamabilă? Să se caute un nou polimer? S-a constatat că lucrul acesta nu e de loc obligatoriu.

Sub acțiunea radiațiilor, legăturile dintre atomii de carbon din care este alcătuit scheletul unei lungi molecule de polimer și atomii de hidrogen înșirați pe acest schelet se dislocă. Între catenele principale ale moleculelor de polimer apar legături transversale — „punți“.

Acest gen de „reticulare“ a polimerilor duce la nașterea unui nou material, posedînd proprietăți dinainte date. De

exemplu, cauciucul organosilicic este ușor atacat de benzină și ulei. Manipulînd cu iscusință radiațiile gama, întocmai ca niște andrele fine, subțiri, chimiștii rup anumite legături chimice, leagă altele și „cos" de cauciucul organosilicic acrilonitrilul rezistent la ulei. După aceasta cauciucului nu-i pasă nici de benzină, nici de ulei. În felul acesta „grefează" un polimer pe un altul, astfel încît noul material să aibă toate avantajele substanțelor inițiale.

Față de comportarea polimerilor iradiați manifestă o foarte vie curiozitate și biologii. De altfel nici nu este de mirare. Polimerii au multe trăsături comune cu substanțele care intră în componența țesutului viu. Ce-ar fi dacă s-ar reuși să se lămurească condițiile în care polimerii nu sînt distruși sub acțiunea radiațiilor? Atunci poate s-ar reuși, prin analogie, să se găsească substanțe care să protejeze celula sănătoasă împotriva forței distrugătoare a radiațiilor. Aceasta este una din principalele probleme care preocupă biologia cosmică. Viitorii Columbi ai *terrei incognita* cosmice se vor întîlni cu doze mari de radiații ionizante. Este evident și neîndoios că numai după ce va fi învins pericolul radiației va putea omul să părăsească pentru mai mult timp Pămîntul.

De pe acum se caută substanțe care să inhibe reacțiile radiochimice, așa-numiții inhibitori. Acești „catalizatori inverși" captează energia care duce la excitarea și descompunerea substanțelor. Inhibitorii transformă energia captată în căldură sau lumină, în tipuri de energie nepericuloase pentru organism. Va fi, așadar, suficient ca înainte de start cosmonautul să ia o tabletă cu inhibitor, pentru ca astfel călătoria cosmică să devină nepericuloasă pentru el. Este de presupus că și în condițiile terestre inhibitorii reacțiilor chimice vor fi și ei solicitați.

Utilizarea radiațiilor radioactive în chimie a deschis o nouă pagină în istoria acestei vechi științe. Dar un progres deosebit au adus izotopii în metodele analitice.

Secolul atomului și al electronicii este de neconceput fără materiale ultrapure. Dacă combustibilul de uraniu conține o milionime de procent de impurități, șirul descompunerilor nucleare se va întrerupe imediat, cazanul atomic va face „grevă". O impuritate de arsen în germaniul sau siliciul ce se utilizează în tehnica semiconductoarelor nu trebuie să întreacă un atom la un miliard de atomi de substanță pură. Cum se poate controla cu o precizie atît de fan-

tastică gradul de puritate a substanței? Acolo unde nu pot fi utilizate metodele clasice de analiză, vine în ajutor atomul.

Iradiind o probă, care este un amestec chimic, se poate face ca unele dintre elementele chimice conținute de probă să devină radioactive, fără ca în acest caz proba însăși să se activeze. Și astfel, după felul radiației emise, după energia ei, în sfîrșit după perioada de înjumătățire, nu este greu de stabilit cu ce izotop avem de-a face. Caracteristicile izotopului radioactiv au o constanță demnă de invidiat și sînt bine cunoscute oamenilor de știință.

Obținînd o astfel de „carte de vizită" a izotopului și știind dinainte din ce reacție nucleară a rezultat, se poate aprecia ce impurități au existat în amestecul inițial, chiar dacă cantitățile lor sînt extrem de mici. Contoarele radiațiilor ionizante au o sensibilitate deosebită, și radiațiile își vestesc prezența cu o „voce" care nu este de fel slabă.

Metoda descrisă se numește analiză prin radioactivare. De „antenele" ei, care pătrund peste tot, nu se pot ascunde mai mult de jumătate din elementele sistemului periodic al lui Mendeleev, chiar dacă conținutul în acest element nu depășește a milioana parte dintr-un procent. Pentru telur s-a reușit să se obțină de-a dreptul un rezultat record. Prin metoda radioactivării s-a izbutit să se determine un conținut de telur egal cu o parte de gram reprezentată printr-o fracție avînd la numitor douăzeci de zerouri! Pentru comparație este cazul să amintim că ultramicrobalanțele cele mai perfecte, care reacționează la miliardimi de gram, nu ar face față acestei sarcini chiar dacă ar deveni de un miliard de ori mai sensibile.

Este cu neputință de enumerat toate domeniile de utilizare a radiațiilor ionizante emise de atom.

Nu, atomul a fost scindat nu pentru a aduce suferință și moarte. Îi este hărăzită o altă soartă, de care sînt legate speranțele oamenilor într-un viitor luminos, minunat.

Atomul – cercetător

Mai există încă o sferă vastă de utilizare a atomului pașnic, în care radioizotopii se prezintă ca un instrument fin de cercetare științifică. Este vorba despre metoda atomi-

lor marcați, descoperită într-un mod destul de neașteptat de talentatul fizician Hevesy, astăzi laureat al premiului Nobel.

În 1911 Hevesy lucra la Institutul de fizică al Universității din Manchester, sub conducerea vestitului savant Ernest Rutherford. Într-o zi el l-a întîmpinat pe șeful său la primul etaj al laboratorului, unde erau aranjate cîteva zeci de kilograme de plumb conținînd ca impuritate o substanță radioactivă prețioasă — radiul D. Rutherford s-a adresat tînărului său coleg cu cuvintele: „Hevesy, băiatule, dacă ești atît de talentat cum ai arătat înainte, încearcă să separi radiul D din acest plumb".

Hevesy s-a apucat imediat de lucru cu mult entuziasm, convins că-l așteaptă un succes rapid. Doi ani de muncă încordată a cheltuit tînărul cercetător cu această lucrare. Oricît s-a străduit să despartă radiul D de plumb, nu a reușit să desfacă această coaliție prea rezistentă. Să fi fost oare munca și timpul pierdute degeaba? Descurajat de insucces, Hevesy a hotărît să abandoneze această fantezie. Dar tocmai atunci i-a venit o idee ingenioasă.

Dacă radiul radioactiv D este inseparabil de plumbul neradioactiv, a raționat Hevesy, primul, se poate utiliza pentru căutarea ultimului. Aceasta reprezintă același lucru cu „marcarea" atomilor neradioactivi, „atîrnîndu-le de gît" „clopoței" radioactivi. Indiferent unde s-ar ascunde atomii marcați, prezența „fugarilor" este întotdeauna trădată de „sunetul clopoțelului" care-i însoțește. Dar căutarea locului în care se găsesc nu este încă totul. „Clopoțeii" radioactivi, repartizîndu-se uniform prin „turma" atomică marcată, permit, după intensitatea „sunetului" lor, să se calculeze exact numărul atomilor separați de „turma" atomică împrăștiată.

Această idee a dobîndit o confirmare strălucită în experiențele lui Hevesy. Savantul a dizolvat în apă o asemenea cantitate de azotat de plumb, încît soluția să conțină, de exemplu, exact 1 gram de plumb. După aceasta el a adăugat acolo o cantitate infimă de radiu D, atît cît trebuia pentru ca unui gram de plumb să-i corespundă o activitate egală cu un milion de impulsuri pe minut, constatate cu ajutorul unui contor special. Imediat după aceea Hevesy a supus plumbul marcat operațiilor celor mai complexe. În sfîrșit, după o serie de transformări chimice, plumbul s-a separat din nou sub forma soluției inițiale. Activitatea totală a tuturor porțiunilor soluției era egală, ca și mai înainte, cu

un milion de impulsuri pe minut. Dacă o porțiune oarecare manifesta o activitate de 1 000 de impulsuri pe minut, aceasta dovedea incontestabil că ea conține a mia parte dintr-un gram de plumb.

Metoda atomilor marcați a dat posibilitatea de a se studia cele mai fine mecanisme chimice, legate de deplasările și redistribuirea elementelor celor mai diferite.

Cu ajutorul atomilor marcați s-a reușit să se arate că cele mai eficiente dintre toate îngrășămintele fosforice sînt superfosfatul și metafosfatul de calciu. Dacă la superfosfatul obișnuit se adaugă fosfor radioactiv, se poate determina de unde vine fosforul în plantă: din superfosfat sau din sol. S-a constatat că fosforul este asimilat de plante nu imediat, ci după un șir de transformări remarcabile în sol. Prin acest procedeu s-a stabilit că sfecla de zahăr absoarbe cu cea mai mare aviditate fosforul mai ales în stadiile incipiente ale creșterii, și de aceea are nevoie de multe îngrășăminte în perioada inițială a dezvoltării ei. Exact la fel este situația în ce privește tutunul și bumbacul. Cartoful însă consumă îngrășăminte uniform în cursul întregii sale perioade de creștere. Utilizarea izotopilor radioactivi a permis de asemenea să se elaboreze o agrotehnică perfecționată. De exemplu, s-a lămurit că sfecla crește mai bine dacă superfosfatul se aplică în brazdă la o distanță de 5 centimetri de rînd și nu dacă se împrăștie. Aceasta este o observație foarte importantă, căci din îngrășămintele împrăștiate uniform, majoritatea plantelor extrag cel mult o zecime.

Dînd găinilor hrană marcată cu izotopi radioactivi, zootehnicienii au dovedit că albumina ouălor găinii se produce nu din substanțele hrănitoare primite în aceeași zi sau în ajun, ci din substanțele pe care găinile le-au căpătat cu mai mult de o lună în urmă. Cojile, dimpotrivă, se produc din atomii de calciu dobîndiți în aceeași zi. Valoarea nutritivă a modului de hrănire a animalelor, metabolismul substanțelor în organismul animalului și alte probleme legate de mărirea productivității vitelor pot fi lămurite cu ajutorul atomilor marcați. Astfel se poate prevedea dacă dintr-o vițea va ieși o bună vacă de lapte. În acest scop i se dă o dată cu furajul iod radioactiv, iar după aceea se instalează un contor în fața glandei ei tiroide. După intensitatea radiațiilor se apreciază viitoarele calități ale vacii.

Un ajutor de neprețuit îl dau atomii marcați cercetătorilor chimiști. Utilizînd sulful 35, academicianul A.P. Vinogra-

dov a studiat componenţa izotopică a sulfului (raportul $^{32}S/^{34}S$) în pietrele cristaline, în rocile de provenienţă vulcanică, precum şi în diferiţi meteoriţi. Ca rezultat al acestor cercetări s-au obţinut noi informaţii precise în legătură cu vîrsta, compoziţia şi natura materiei cosmice şi a mineralelor planetei noastre.

În ultimele decenii atomul a pătruns în toate ramurile ştiinţei, în afară de matematică. Nu există nici un loc în tehnică în care să nu fie binevenit[1].

În prezent se cunosc aproape 500 de izotopi stabili şi 1 000 de izotopi radioactivi. Peste 150 de izotopi radioactivi sînt utilizaţi pentru rezolvarea a numeroase probleme care stau în faţa oamenilor de ştiinţă, inginerilor, medicilor, agronomilor. Ce este însă de făcut cu ceilalţi izotopi radioactivi?

Ce-i de făcut cu deşeurile ?

Să admitem că toţi izotopii care-l interesează pe om se extrag dintr-un reactor nuclear. Ce este de făcut cu substanţele rămase, adevărate deşeuri? În anul 2000, cînd, după cum presupun oamenii de ştiinţă, trei sferturi din necesarul energetic total se va acoperi pe seama atomului, cantitatea deşeurilor radioactive va ajunge la 3 000 de tone, ceea ce este echivalent cu 75 000—100 000 de tone de radiu, adică cu 75—100 de miliarde de curie.

[1] În R.P.R., izotopii radioactivi se folosesc pe scară din ce în ce mai largă. Astfel, de exemplu, în domeniul petrolului, la foraje, se execută în mod curent carotajul radioactiv al sondelor. În industria chimică, izotopii radioactivi sînt utilizaţi la fabricarea superfosfaţilor, la măsurarea nivelelor în vasele de reacţii, a densităţii substanţelor etc. La cuptoarele pentru fabricarea sticlei se folosesc în scopul măsurării înălţimii masei topite de sticlă. În industria metalurgică, defectoscopia cu radiaţii gama constituie un mijloc preţios de verificare a calităţii produselor. Pe tărîm metrologic, s-au construit diferite aparate de măsurare şi s-au realizat numeroase surse etalon. În transporturile feroviare, izotopii sînt întrebuinţaţi pentru cercetarea terasamentelor. Agronomii au creat specii noi de plante, obţinînd mutaţii cu ajutorul izotopilor radioactivi. În diverse instituţii, fabrici, uzine şi institute de cercetări ştiinţifice, izotopii servesc pentru măsurări de parametri, ca trasori etc. În medicină, se utilizează mult atît pentru diagnoze cît şi în terapie.

Toate aceste exemple constituie numai cîteva din aplicaţiile variate ale izotopilor radioactivi. Ei sînt produşi cu ajutorul unui reactor nuclear şi al unui ciclotron, în cadrul Institutului de Fizică Atomică al Academiei R.P.R. *(N.t.)*.

Doar n-o să împachetăm, la urma urmelor, deşeurile radioactive în rachete, pentru a le trimite în cosmos! Iar depozitarea deşeurilor radioactive este o problemă nr. 1 a industriei atomice.

Se caută ca aceste deşeuri să fie ţinute sub forma cea mai concentrată. De obicei izotopii cu perioadă mică de viaţă, de exemplu sodiul 24, iodul 131, fosforul 32 şi alţii, se pun în rezervoare speciale în care „mor", îşi pierd treptat radioactivitatea, ca rezultat al descompunerii naturale. Dacă este vorba de cantităţi mici de deşeuri radioactive lichide, ele pot fi în unele cazuri evacuate direct în decantoare subpămîntene. În ceea ce priveşte deşeurile gazoase, ele trebuie să treacă prin filtre, cu care se procedează în acelaşi fel ca şi cu deşeurile radioactive solide. Din deşeurile radioactive se pot prepara „macaroane" atomice: se diluează argilă, i se adaugă deşeurile radioactive, se modelează sub forma unor macaroane lungi şi după aceea toate acestea se ard în cuptoare. Aceste „macaroane" atomice se îngroapă în pămînt, în „cimitire speciale" ale izotopilor radioactivi. Americanii au transformat în „cimitire" golurile adînci ale oceanelor. Aceasta însă poate duce, după cum au dovedit savanţii sovietici, la contaminarea apelor oceanelor.

Rezolvarea unei probleme atît de importante este, fără îndoială, accesibilă tehnicii contemporane, ca să nu mai vorbim de viitor. De altfel tot mai mulţi izotopi radioactivi sînt folosiţi, astfel încît şi cantitatea deşeurilor va scădea pe zi ce trece.

Atomul şi viitorul

Izotopii bat cu încăpăţînare la uşa economiei paşnice, aducînd transformări revoluţionare. În ascunzişurile micului atom sînt cuprinse încă multe surprize. Fizicianul american W. Libby a arătat că se pot imagina la fiecare 5 minute cîte două noi procedee de utilizare a izotopilor radioactivi. Dar chiar o imaginaţie bogată nu are capacitatea de a-şi reprezenta toate posibilităţile atomului paşnic.

Este întru totul verosimil ca izotopii radioactivi să aducă pe viitor omenirii un serviciu tot atît de mare ca şi energia atomică.

UNDE ESTE LIMITA ?

Uitați-vă încă o dată la sistemul elementelor chimice. El începe cu hidrogenul și se termină... Acum 25 de ani noi am fi anunțat cu siguranță că la capătul sistemului elementelor chimice ale lui D.I. Mendeleev se găsește uraniul. Ieri încă am fi spus că ultimul element este nobeliul (numărul de ordine 102), dar astăzi a și fost sintetizat elementul 103[1] (lawrenciul). Ce va fi însă mîine?

La început despre limita inferioară

Cu limita inferioară s-ar părea că totul este în ordine. Hidrogenul a fost întotdeauna cel mai ușor dintre toate elementele cunoscute. În realitate ce înseamnă un element chimic? — „Totalitatea atomilor, care au aceeași sarcină a nucleului".

La hidrogen sarcina nucleului este minimă: 1. Astfel, hidrogenul este primul element și s-ar părea că orice discuție despre limita inferioară a sistemului nu are rost. Totuși, ceea ce nu provoacă îndoieli la prima vedere nu este pe deplin clar în realitate.

Atunci cînd în 1869 Mendeleev a descoperit legea periodicității, multe dintre elementele chimice încă nu erau cunoscute. Un șir de remarcabile descoperiri științifice — a electronului, a razelor Röntgen, a radioactivității, a transformării reciproce a elementelor — au dezvăluit natura elementelor chimice și au arătat că atomul este alcătuit dintr-un nucleu încărcat pozitiv și electroni care se rotesc în jurul nucleului. S-a confirmat teza despre egalitatea sarcinii nucleului cu numărul de ordine al elementului în sistem. Astfel, hidro-

[1] V. nota de la p. 304.

genul și-a consolidat poziția de prim element al sistemului periodic, deoarece sarcina nucleului său este egală cu 1. Și, totuși, problema limitei inferioare a sistemului a continuat să rămînă deschisă. „Vinovatul“ de această situație era, în parte, Mendeleev. În 1906 el a introdus în sistemul elementelor, alături de grupa zero, și perioada zero, dorind ca prin aceasta să sublinieze existența unor elemente lipsite în și mai mare grad decît gazele inerte de activitate chimică. În perioada zero au intrat două elemente ipotetice (presupuse) X și Y, situate deasupra hidrogenului și avînd greutățile atomice 10^{-6} pentru X și 0,4 pentru Y.

Trebuie arătat că Mendeleev s-a gîndit încă din anii 1871—1872 la existența unui element mai ușor decît hidrogenul, înțelegînd importanța rezolvării acestei probleme pentru explicarea cauzei periodicității și a naturii elementelor.

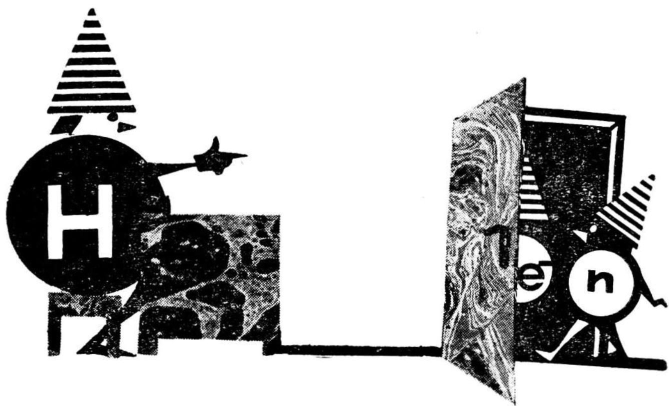
Ulterior, pe baza studiului structurii atomului, a fost precizată noțiunea de „element chimic“, primul dintre elemente fiind recunoscut hidrogenul. X și Y au fost scoase din sistemul elementelor ca necorespunzătoare acestei determinări.

Dar acalmia nu a durat mult. O dată cu descoperirea protonilor și neutronilor, care alcătuiesc nucleele atomilor, au apărut încercări de a include neutronul în sistemul elementelor. S-a propus ca el să fie considerat drept elementul cu numărul de ordine zero. Pentru a susține punctul de vedere emis se făceau referiri la elementele X și Y ale lui Mendeleev.

Cît despre electron, chimiștii încercaseră încă dinainte să-l includă în sistemul elementelor.

Diferiți savanți au încercat să introducă imaginea ciclurilor sau a perioadelor duble. Se știe că în sistemul elementelor perioadele de cîte 8, 18 și 32 de elemente se repetă de două ori. Excepție constituie una singură (prima), care este alcătuită din două elemente. Cu introducerea perioadei zero, armonia sistemului, deranjată prin lipsa ei, se restabilea. Acest sistem se supunea bine formulei: $Z = 2(n_1^2 + n_2^2)$, în care n_1 este numărul rîndului impar, n_2 este numărul rîndului par al sistemului, iar Z este numărul elementelor din orice perioadă.

Din ce elemente era alcătuită perioada zero? Ele nu puteau fi decît electronul și neutronul. Este cu totul clar că nici unul și nici celălalt nu corespund definiției elementului. Într-adevăr, în stare neutră, fiecare dintre atomii unui element oarecare are un nucleu și un înveliș alcătuit din



electroni. În sistemul periodic al elementelor își găsește expresie trecerea legică la o structură tot mai complexă a învelișului electronic o dată cu creșterea sarcinii nucleului. În absența acestui ansamblu (nucleu și înveliș) trecem la un nou aspect calitativ al particulelor materiei. Într-adevăr, nucleele atomilor și izotopilor formează un sistem, alte particule elementare alt sistem ș.a.m.d.

Tendința de a include în sistemul elementelor perioada zero exprima, de fapt, dorința de a reprezenta concret ideea unității materiei, legătura reciprocă dintre diferitele particule ale materiei. Electronul, neutronul, protonul și heliul (care sînt uneori denumiți „preelemente“) sînt oarecum o parte componentă a tuturor elementelor. În ultimul timp, dezvoltarea acestei probleme a dus la faptul că în paginile unor reviste științifice au început să apară publicații în legătură cu „sistemele periodice ale elementelor și ale antielementelor“. Sub această din urmă denumire se înțeleg formațiuni materiale alcătuite din pozitroni (care sînt antielectroni: electronul e^-, pozitronul e^+) și antinucleu, alcătuit, la rîndul său, din antiprotoni și antineutroni, care au fost de asemenea descoperiți în prezent.

În lucrările lor, chimiștii folosesc deocamdată sistemul „clasic“, obișnuit, al elementelor, care începe cu hidrogenul — primul element chimic.

ERATA

La pag.	Rîndul	în loc de:	se va citi
15	3 de jos	zilnic	anual
75	14 de sus	150°C	90—120°C
75	16 de sus	$Ca\ SO_4.H_2O$	$2\ Ca\ SO_4.H_2O$
120	12 de sus	$4\ N_2O$	$4\ H_2O$
129	12 de jos	calciu	azot, calciu
188	6 de jos	alb-cenușiu	galben-verzui
269	12,13 de sus	azotatul de potasiu-uranilul	azotatul de potasiu și uranil

Redactor de carte : D. TODERICIU
Tehnoredactor : GHEORGHE POPOVICI

Dat la cules 04.12.1964. Bun de tipar 08.03.1965. Tiraj 6 000 + 130 ex. legate 1/1 + 40 ex. lux. Hîrtie scris II A de 63 g/m². Format 54×84/16. Coli editoriale 19,39. Coli de tipar 21,50 + 1 planșe. A. 18 490. Indici de clasificare zecimală : pentru bibliotecile mari 541.1, pentru bibliotecile mici 54.

Tiparul executat sub comanda nr. 40 985 la Combinatul Poligrafic „Casa Scînteii", Piața Scînteii nr. 1, București — R.P.R.